T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ

TEMEL GÜÇ KAYNAĞI YAPIMI

522EE0162

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR 3
GİRİŞ 2
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 4
1. GÜÇ KAYNAĞI DEVRE ELEMANLARI 4
1.1. Transformatör 4
1.2. Diyod 5
1.3. Kondansatör 7
1.3.1. İdeal Kondansatör 7
1.3.2. Eş Değer Kondansatörler 8
1.3.3. Gerçek Kondansatörler 9
UYGULAMA FAALİYETİ 12
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 14
2. DOĞRULTMA DEVRELERİ 14
2.1. Yarım Dalga Doğrultma Devresi ve Özellikleri 14
2.1.1. Devrenin Çalışması 14
2.1.2. Yarım Dalga Doğrultma Devresindeki Gerilim ve Akım Bağıntıları 16
2.2. Tam Dalga Doğrultma Devresi 16
2.2.1. İki Diyodlu Tam Dalga Doğrultma 17
2.2.2. Gerilim ve Akım Bağıntıları 17
2.2.3. Köprü Tipi Tam Dalga Doğrultma 17
2.3. Filtre Devreleri 19
2.3.1. Filtre Devre Çeşitleri 19
2.3.2. Filtre Devrelerinde Kondansatörün Rolü 23
2.4. Regüle Devreleri 24
2.4.1. Regüle Devresinin Görevi 24
2.4.2. Regüle Devresi Çeşitleri 25
UYGULAMA FAALİYETİ 30
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 32
3. BASKI DEVRELER 32
3.1. Baskı Devre Şemasının Çizimi 32
3.1.1. Malzeme Listesi 32
3.1.2. Elektronik Devre Şeması 33
3.1.3. Baskı Devre Şemasının Microsoft Word Programında Hazırlanması 33
3.2. Baskı Devre Şemasını Bakır Plaket Üzerine Çıkarma 36
3.2.1. Baskı Devrenin Oluşturulması 37
3.3. Baskı Devre Montajı 37
3.3.1. Baskı Devre Üzerinde Delik Delme İşlemi 37
3.3.2. Devre Elemanlarının Montaj Özellikleri 38
UYGULAMA FAALİYETİ 41
ÖĞRENME FAALİYETİ-4 43
4.1. Güç Kaynağı Kasasının Planlanması 43
4.2. Alüminyum Kesme, Bükme ve Delme İşlemleri 44
4.2.1. Alt Sacın Markalanması 45

4.2.2. Şasenin Gerekli Yerlerinin Delinmesi, Kesilmesi ve Bükülmesi 46
4.2.3. Kutu Üst Sacı İçin Taslak Şekil, Sacın Markalanması ve Bükülmesi 46
4.3. Güç Kaynağı Kasası Yalıtımı ve Soğutma 46
4.3.1. Yalıtım 46
4.3.2. Termal Kaçak 47
4.3.3. Termal İletim 47
4.3.4. Soğutucu 47
4.4. Kablo Bağlantıları 48
UYGULAMA FAALİYETİ 49
MODÜL DEĞERLENDİRME 51
KAYNAKÇA 52

AÇIKLAMALAR

KOD	**522EE0162**
ALAN	**Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Alan Ortak**
MODÜLÜN ADI	**Temel Güç Kaynağı Yapımı**
MODÜLÜN TANIMI	Güç kaynağı yapımını anlatan öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Transistörlü devreler modülünü almış olmak
YETERLİK	Temel güç kaynağı yapmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Verilen devre şemasına göre güç kaynağı devresini doğru çıkış gerilimi verecek şekilde ve kasasını verilen ölçülere göre yapabileceksiniz. **Amaçlar** 1. Güç kaynağı devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü multimetre ile doğru olarak yapabileceksiniz. 2. Güç kaynağı devresini hatasız kurabilecek ve çıkış gerilimlerinin ölçümünü osilaskop ile doğru olarak yapabileceksiniz. 3. Güç kaynağı baskı devresini hatasız yapabileceksiniz. 4. Güç kaynağı kasasını, verilen ölçülere göre yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Elektronik laboratuvarı, mekanik atölyesi **Donanım:** Bilgisayar ve elektronik çizim programları, elektronik malzemeler, multimetre, osilaskop, sac kesme ve bükme aparatı, çalışma masası, el takımları, matkap tezgâhı
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Teknoloji ve bilginin hızla yenilendiği dünyamızda elektronik cihazlar hayatımızın vazgeçilmezleri olmuştur. Bilgideki hızlı gelişmeyi takip etmek için elektronik cihazlar gereklidir. 21. yüzyılda zamanla yarıştığımızı ve yarışı kazanmak için elektronik cihazlardan en iyi şekilde yararlanmamız gerektiğini bilmeliyiz.

Elektronik cihazlar sadece 220 V alternatif gerilimi elektronik devreler yardımı ile doğru gerilime dönüştürdükten sonra çalışır. Bu elektronik devrelere güç kaynağı denir. Güç kaynakları; bilgisayar, televizyon gibi birçok elektronik cihazların içerisinde bulunurken cep telefonu, dizüstü bilgisayar gibi cihazlarda ise dışarıdan bir güç kaynağına ihtiyaç duyulur.

Elektronik cihazlarda oluşan arızaların büyük bir kısmı güç kaynağı devresinde meydana gelir ve bu arızaların giderilmesi oldukça basittir.

Yapacağınız veya alacağınız elektronik cihazın ömrü, içerisindeki güç kaynağının kaliteli olması ile doğru orantılıdır.

Bu modülle, elektronik cihazlarınızda ve çalışma ortamınızda kullandığınız güç kaynaklarını yapabilecek ve olası arızaların nasıl giderilebileceğini öğreneceksiniz. Güç kaynağının yapım aşamalarını sırayla göreceğinizden karşınıza çıkacak arızaları kolaylıkla bulup arızalı olan elektronik cihazınızın tamirini kolayca yapabileceksiniz. Öğrenim süreniz boyunca çeşitli devrelerin çalıştırılmasında da bu güç kaynağından faydalanabilirsiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

Güç kaynağı devre elemanlarının sağlamlık kontrolünü multimetre ile doğru olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Transformatörlerin kullanım alanları ve çeşitleri hakkında internetten, elektronik malzeme satıcıları, elektronik alet tamir servisleri ve okul kütüphanesinden yararlanarak araştırma yapınız.

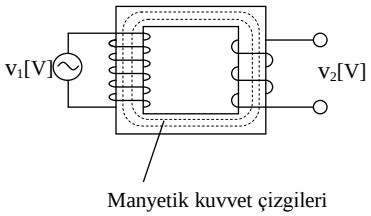
1. GÜÇ KAYNAĞI DEVRE ELEMANLARI

1.1. Transformatör

Şekil 1.1'de transformatörde sargıların nüve biçimleri görülmektedir. Alternatif akım elektrik enerjisini elektromanyetik indüksiyon yoluyla aynı frekans, farklı akım ve gerilim değerlerine dönüştüren elektrik makinesine transformatör denir. Transformatör, manyetik gövde üzerine sarılmış iki sargıdan oluşur. Gerilim düşürücü transformatörlerde gerilim uygulanan sargı, ince telli ve çok sarımlıdır. Buna primer sargı denir. Çıkış geriliminin alındığı sargı ise kalın telli ve az sarımlıdır. Buna sekonder sargı denir.

Şekil 1.1: Transformatörde sargıların nüve biçimleri

➢ **Transformatörün çalışması**



1.Primer sargıya uygulanan alternatif akım, değişken manyetik alan oluşturur.

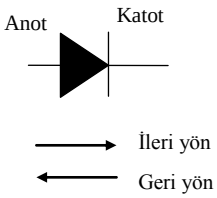
2. Değişken manyetik alan kuvvet çizgileri manyetik yol üzerinden devresini tamamlarken sekonder sargı iletkenlerini keser.

3.Değişken manyetik alan içinde kalan sekonder sargı iletkenleri üzerinde elektromotor kuvvet oluşur.

1.2. Diyod

Şekil 1.2 Diyod

Şekil 1.2'de diyod resmi görülmektedir. İki (di-), electrode (-ode) birleşiminden diode kelimesi oluşturulmuştur. P ve N tipi yarı iletken parçaların yan yana getirilmesi ile yapılmış iki uçlu bir elektronik devre elemanıdır. Germanyum veya silisyum kullanılarak elde edilen P elemanı anot ve N elemanı ise katot ucu olarak isimlendirilir. Diyod, elektrik akımını anottan katoda doğru geçirir. Fakat tersi yönde akım geçmesine izin vermez.



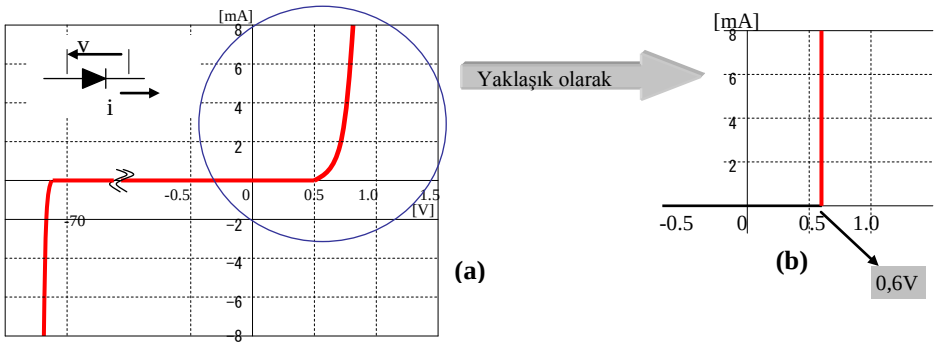
Şekil 1.3

Başka bir ifadeyle diyod, ileri yönde akım geçişine izin verir, geri yönde ise akım geçişine izin vermez.

Şekil 1.3'te diyod sembolü ve uç isimleri görülmektedir.

Piyasada çeşitli özelliklere sahip diyodlarla karşılaşmak mümkündür. Biz burada daha genel diyod yapısından bahsedeceğiz.

PN yapılı silikon diyodun karakteristik yapısını inceleyerek diyod hakkında daha detaylı bilgi edinmek mümkündür.



Şekil 1.4: Diyodun doğru ve ters polarması

Şekil 1.4 (a)'da tipik diyod karakteristiği görülmektedir. Kullanmak istediğimiz diyodun karakteristiğini bilmemiz gereklidir (kırılma gerilimi, eşik gerilimi vb.). Çünkü diyod, direnç gibi düzgün bir karakteristiğe sahip değildir. Belli bir noktadan sonra farklı özellik gösterir ve ohm kanunundaki kurallar diyod için geçerli değildir. İleri yön polarmasında silikon diyoddan geçen akımdan dolayı düşen gerilim sabittir ve değeri yaklaşık 0,6 [V]'tur.

Bir devrede kullanılacak diyodun özelliklerini bilmek önemlidir. Aşağıdaki tabloda iki farklı diyodun özellikleri verilmiştir. Genellikle V_R ve I_o önemlidir. Çeşitli tip diyodların özelliklerini öğrenmek için kataloglardan yararlanabilirsiniz.

Tip						Doğru polarite gerilimi		Ters polarite gerilimi	
	V_{RM} [V]	V_R [V]	I_{FM} [mA]	I_o [mA]	I_{FSM} [A]	V_F(maks) [V]	I_F [mA]	I_R(maks) [µA]	V_R [V]
1SS181	85	80	300	100	2	1,2	100	0,5	80
1SS250	250	200	300	100	2	1,2	100	1,0	200

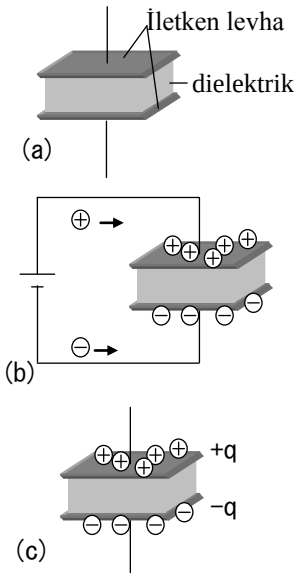
Şekil 1.5: Diyod özellikleri

V_{RM}: Ters polaritede aşılmaması gereken maksimum gerilim değeri (ani değer).
V_R: Ters polaritede aşılmaması gereken maksimum gerilim değeri (ortalama değer).
I_{FM}: Doğru polaritede aşılmaması gereken maksimum akım değeri (ani değer).
I_o: Doğru polaritede aşılmaması gereken maksimum akım değeri (ortalama değer).

1.3. Kondansatör

1.3.1. İdeal Kondansatör

Şekil 1.6'da basit bir kondansatör yapısı görülmektedir. İletken iki paralel levha arasında bulunan dielektrik maddeden oluşmuştur. Dielektrik malzeme elektriği iletmez fakat levhalar arasında bir elektrik alanı oluşur.



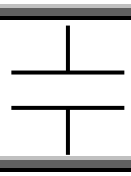
Şekil 1.6: Kondansatör

Kondansatörde artı ve eksi elektrik yükleri her iki plakada da ayrı ayrı toplanır. Bu şekilde kondansatör elektrik enerjisini levhalar arasında depo eder (Şekil 1.6).

Kondansatör levhaları arasında biriken elektrik yük miktarı uygulanan gerilim ile orantılıdır. Bu orantı kapasite olarak adlandırılır ve birimi Farad (F)'dır. Levhaları arasındaki potansiyel farkı 1 volt olan kondansatörün üzerindeki yük miktarı 1 Coulomb ise kapasite 1 Farad olur.

Kapasite miktarı ne kadar büyükse depolayabileceğimiz elektrik yükü de o kadar büyük olur.

Kapasite, kondansatörün fiziksel değerlerine bağlıdır. Levhalar arasındaki mesafe ile ters orantılıdır. Fakat levha yüzeyi ve kullanılan yalıtkanın dielektrik kat sayısıyla doğru orantılıdır.



$$q = C \times V$$

q :Elektrik yükü miktarı [C]
C :Kapasitesi [F]
V :Uygulanan gerilim [V]

q ve V ani değerler olduğundan her durumda q = C ×V formülü geçerlidir. Uygulanan gerilimin değişmesi depolanan elektrik yük miktarını etkiler.

1.3.2. Eş Değer Kondansatörler

Kondansatörler seri veya paralel bağlanarak çeşitli kapasite değerleri elde edilebilir. Fakat uygun eş değer kapasiteyi elde etmek için genellikle paralel bağlantı yapılır. Bu durumda toplam kapasite eş değer kapasite olarak isimlendirilir. Aşağıdaki açıklamalar DA devrelerine göre yapılmışsa da bunlar, AA devreleri için de geçerlidir.

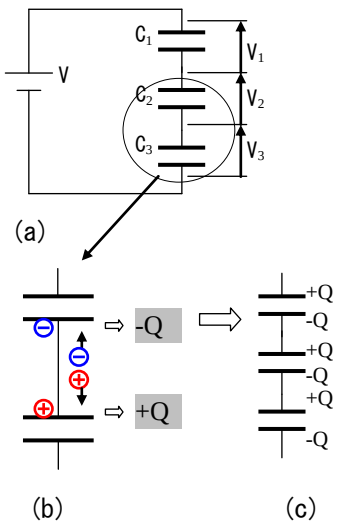
- **Seri bağlantı**

Birbirine seri bağlanan kondansatörlerin üzerinde depolanan elektrik yük miktarları birbirine eşittir.

Şekil 1.7(b)'de seri bağlı kondansatörlerin birbiriyle ilişkili plakalarının elektrik yük miktarı aynı seviyede fakat işaretleri farklı ve toplamları sıfırdır (+Q, -Q).

Kondansatörler seri bağlandığında devrenin yükü, her bir kondansatörün yüküne eşittir ($Q=Q_1=Q_2=Q_3$).

Seri bağlı her kondansatördeki pozitif ve negatif elektrik yükünün değeri aynıdır (Şekil 1.7(c)).



Şekil 1.7: Kondansatör seri bağlantısı

Kirşof'un "Gerilimler Kanunu"nu kullanarak aşağıdaki ifade yazabilir.

$V = V_1 + V_2 + V_3$

Şekil 1.7(c)'de kondansatörler seri olduğundan yükleri de eşittir.

$$Q = C_1V_1\,,\ Q = C_2V_2\,,\ Q = C_3V_3$$

$$V_{1=}\ \frac{Q}{C_1} \qquad V_{2=}\ \frac{Q}{C_2} \qquad V_{3=}\ \frac{Q}{C_2}$$

Bu ifadeler yukarıdaki formülde kullanırsa;

$$V = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} = (\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3})Q$$

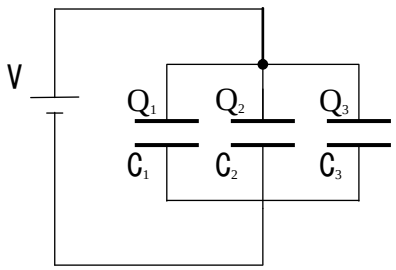
$$Q = \frac{1}{(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3})}V$$

Bu ifadeyi $Q = C \times V$ formülüyle karşılaştırarak eş değer kapasite yazabilir.

$$C_{eq} = \frac{1}{(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3})}$$

- **Paralel bağlantı**

Kondansatörler paralel bağlıyken uçlarındaki gerilim birbirine eşit olacağından her bir kondansatörün depoladığı yük miktarı şöyle ifade edilebilir:



Şekil 1.8: Kondansatör paralel bağlantısı

$Q_1 = C_1V$
$Q_2 = C_2V$
$Q_3 = C_3V$
Toplam kapasite:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = C_1V + C_2V + C_3V = (C_1 + C_2 + C_3)V$$

Bu ifadeyi $Q = C \times V$ formülüyle karşılaştırarak eş değer kapasite yazabilir.

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

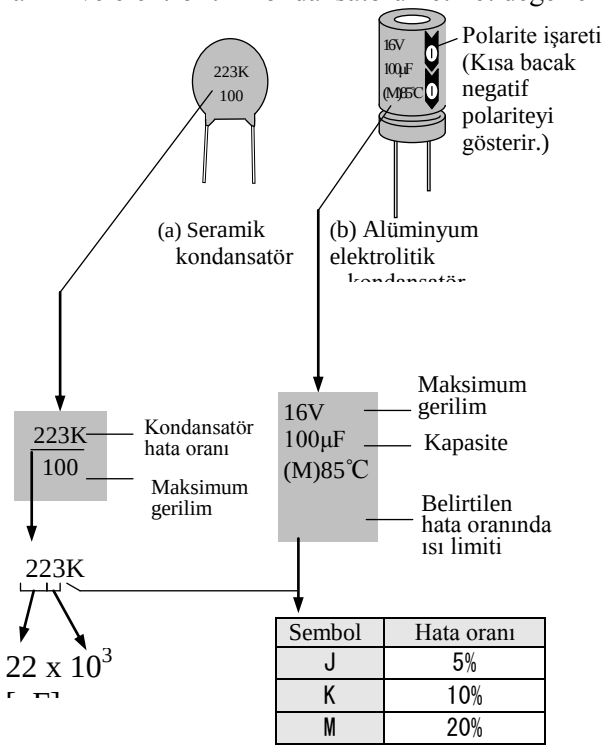
1.3.3. Gerçek Kondansatörler

Şekil 1.9'da gerçek kondansatörlerden örnekler gösterilmektedir. Bazı kondansatörler polaritelidir ve bunlar devrede kullanılacağı zaman uç bağlantı yönüne dikkat edilmesi gerekir.

Küçük kondansatörlerin kapasitesi 3 dijit sayı olarak belirlenir. Bunlardan ilk ikisinin etkin değeri vardır. Sonuncusu ise (10)'un üssü (çarpan) olarak değerlendirilir. Bu tür kondansatörlerde birim **[pF]**'dır. Elektrolitik (kutuplu) kondansatörlerde kapasite **[µF]** olarak belirtilir.

Bir devrede kullanılacak kondansatörün çalışma gerilimini belirlemek için devrenin maksimum gerilim değeri dikkate alınmalıdır. Kondansatör gerilimi devrenin maksimum geriliminden daha büyük olmalıdır.

İdeal ve gerçek kondansatör arasındaki en büyük farklardan biri frekans değiştiğinde kapasitenin değişebilmesidir. Genelde fiziksel olarak büyük kondansatörlerin kapasitesi de büyüktür. Fakat büyük kapasitenin yüksek frekansa tepkisi yavaştır. Diğer taraftan küçük kondansatörler, küçük kapasiteye sahip olmakla birlikte yüksek frekansa verdikleri tepki hızlıdır. Şekil 1.9'da seramik ve elektrolitik kondansatörün etiket değerleri görülmektedir.

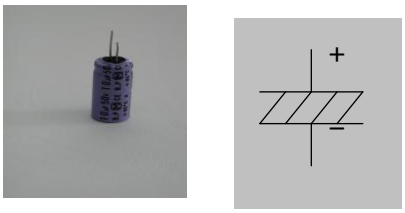


Şekil 1.9: Seramik ve elektrolitik kondansatörün etiket değerleri

Aşağıda sık olarak kullanılan kondansatörlerden bazıları görülmektedir.

- **Alüminyum elektrolitik kondansatör**

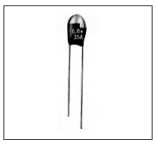
Yüksek kapasitesi vardır (1[μF]-0.1[F]). Fakat yüksek frekansa karşı yetersiz karakteristik özellik taşır. Bu nedenle frekansı birkaç [kHz]'den az olan devrelerde kullanılır. Polaritelidir ve Şekil 1.10'da belirtilen özel sembol ile gösterilir.



Şekil 1.10: Alüminyum elektrolitik kondansatör

- **Tantalum elektrolitik kondansatör**

[MHz] seviyesinde yüksek frekanslı devrelerde kullanılabilen polariteli bir kondansatördür. Alüminyum elektrolitik kondansatörden daha az kapasiteli yapılır (0,1[μF]-1000[μF]).



Şekil 1.11: Tantalum elektrolitik kondansatör

- **Seramik kondansatör**

Polaritesi yoktur. Dielektrik madde olarak seramik kullanılmıştır. Çok yüksek frekanslı devrelerde kullanılabilir (1[kHz]-1[GHz]). Fakat kapasitesi çok düşüktür (1[pF]-1[μF]).

Şekil 1.12: Seramik kondansatör

- **Film kondansatör**

Polaritesi yoktur. Film şeklinde çeşitli dielektrik maddeler kullanılır. Kapasite ve frekans açısından seramik kondansatörlerin özelliğini taşır. Kullanılan dielektrik maddeye göre farklı karakteristik özellik gösterir.

Şekil 1.13: Film kondansatör

UYGULAMA FAALİYETİ

Güç kaynağı devre elamanlarına ilişkin uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Güç kaynağı yapımı için gerekli elemanları tespit ediniz.	
➢ Transformatörün bağlantısını yapınız.	
➢ Transformatörün primer ve sekonder gerilimini ölçünüz.	➢ Transformatöre alternatif gerilim uygulayınız. ➢ Avometreyi AC V moduna alınız.
➢ Transformatörün sekonder gerilimini osilaskopta ölçünüz.	➢ Osilaskobun volt kademesini ölçülecek değere göre ayarlayınız. ➢ AC moduna getiriniz.
➢ DA devresinde diyod bağlantısı ve kontrolünü yapınız.	➢ Avometreyi DCV moduna alınız.
➢ AA devresinde diyod çıkış gerilimini osilaskopta ölçünüz.	➢ Osilaskobun volt kademesini ölçülecek değere göre ayarlayınız. ➢ Osilaskobu ACV moduna getiriniz.
➢ Kondansatörü osilaskopta test ediniz.	➢ Osilaskobun volt kademesini ölçülecek değere göre ayarlayınız. ➢ Osilaskobu ACV moduna getiriniz.
➢ Güç kaynağı anahtar testi yapınız.	

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet** ve **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Faaliyet için gerekli araştırma yapıp rapor hâline getirdiniz mi?		
2. Faaliyette kullanacağın araç gereci eksiksiz temin edebildiniz mi?		
3. Gerekli tedbirleri aldınız mı?		
4. Transformatörün bağlantısını doğru bir şekilde yaptınız mı?		
5. Transformatörün primer ve sekonder gerilimini sağlıklı ölçtünüz mü?		
6. Osiloskopta yapılan ölçme işlemlerini doğru yaptınız mı?		
7. Güç kaynağı anahtar testini yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

AMAÇ

Güç kaynağı devresini hatasız kurabilecek ve çıkış gerilimlerinin ölçümünü osilaskop ile doğru olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Doğrultma, filtre ve regüle devrelerinin hangi uygulamalarda kullanıldığı hakkında internetten, elektronik malzeme satıcıları, elektronik alet tamir servisleri ve okul kütüphanesinden yararlanarak araştırma yapınız.

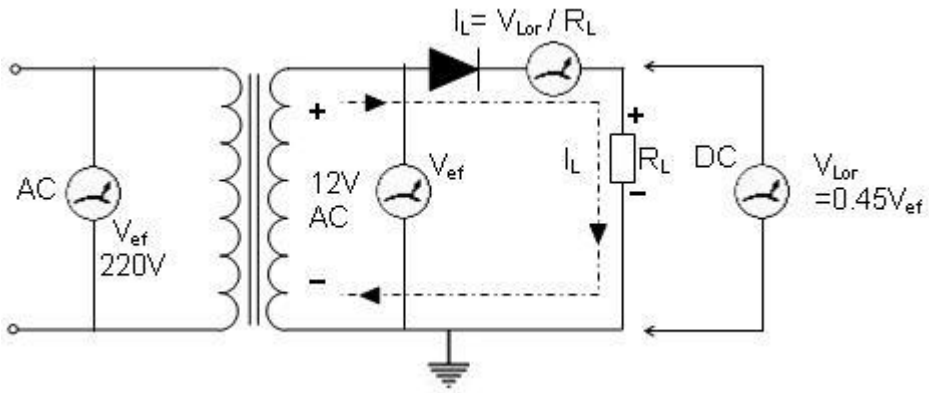
2. DOĞRULTMA DEVRELERİ

2.1. Yarım Dalga Doğrultma Devresi ve Özellikleri

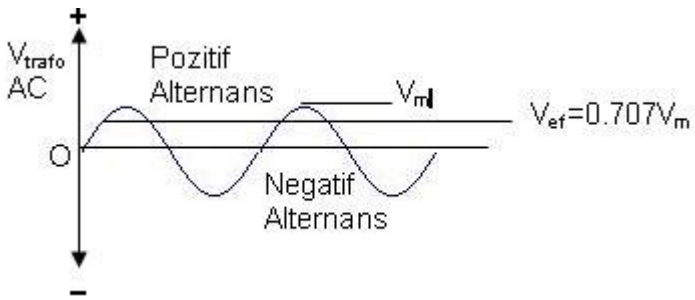
Yarım dalga doğrultma devresinde Şekil 2.1'de görüldüğü gibi sadece bir diyod kullanılır. Alternatif gerilimin bir alternansının devresini tamamlayıp diğer alternansının ise tamamlanmış hâline yarım dalga doğrultma adı verilir.

2.1.1. Devrenin Çalışması

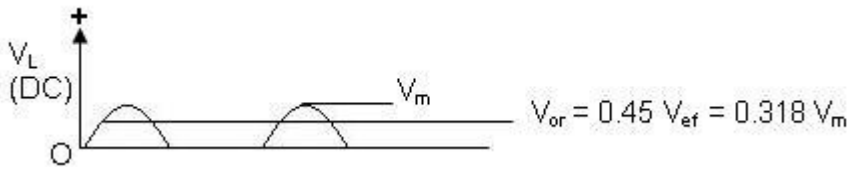
- Transformatör primer sargısına 220 volt şebeke gerilimi uygulanırsa sekonderinde Şekil 2.2'deki gibi bir alternatif gerilim oluşur.
- Transformatör sekonder geriliminin pozitif alternansında (yarı periyodunda), şekilde işaretlenmiş olduğu gibi sargının üst ucu pozitif (+) olsun,
- Bu durumda, diyod doğru polarmalı olacağından iletime geçer.
- Şekil 2.4'te görüldüğü gibi devreden darbeli bir akım akar.
- Böylece transformatör sekonderinde üretilen alternaif gerilimin bir alternansı R_L yüküne uygulanmış olur.
- Diğer alternansta ise transformatörün üst ucu "-" olacağından diyoda ters polarma uygulanacak ve diyod iletime geçmeyeceğinden devreden akım akmayacaktır. Şekil 2.3 ve Şekil 2.4.
- Sonuçta R_L yük direncinden, Şekil 2.4'te belirtilmiş olduğu gibi hep aynı yönde fakat darbeli bir DA akmaktadır.
- Akım pozitif (+) uçtan, negatif (-) uca doğru aktığı prensibine uygun olarak R_L üzerinde de akım yönünü belirten (+) ve (-) işaretleri konmuştur (Şekil 2.1).



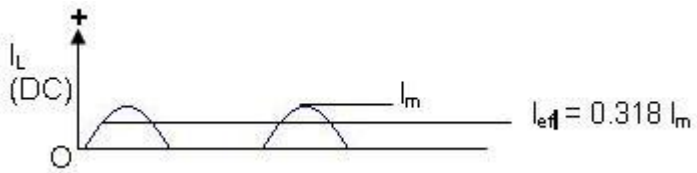
Şekil 2.1: Devrenin kuruluşu



Şekil 2.2: Transformatör sekonder gerilimi



Şekil 2.3: R_L yük direnci üzerindeki gerilim



Şekil 2.4: R_L yük direnci üzerinden akan akım

2.1.2. Yarım Dalga Doğrultma Devresindeki Gerilim ve Akım Bağıntıları

Şehir gerilimi, Şekil 2.2'deki gibi alternatif bir gerilimdir. Alternatif gerilim voltmetresi ile ölçüldüğünde 220 v ölçülür. Bu değer, şehir geriliminin efektif değeridir. Ölçü aletleri efektif değer ölçer.

Alternatif gerilimin efektif değeri ile tepe (pik) değeri arasında şu bağıntı vardır:

$V_{ef} = 0,707\ Vm$
$V_m = (1 / 0,707)*V_{ef}$ veya
$V_m = 1,41V_{ef}$

Bu bağıntıya göre şehir geriliminin tepe değeri: $V_{Şm} = 220*1,41 = 285,7$ volttur. Transformatör sekonderinde ölçülecek gerilim de yine efektif değerdir. Şekil 2.1'de bu değer:

$V_{ef} = 12V$ olarak gösterilmiştir.

R direnci uçları arasına bağlanan doğru gerilim voltmetresi ortalama değer ölçer. Buna "yük ortalama gerilimi (V_{Lor})" denirse;

$V_{Lor} = 0,45$
$V_{Tef} = 0,318V_{Tm}$ 'dir.

Aslında, V_{Lor} değeri $0,45V_{Tef}$ değerinden biraz küçüktür. Çünkü diyod üzerinde de biraz gerilim düşümü olmaktadır. Ama bu küçük değerli bir gerilim olduğundan ihmal edilebilmektedir. V_{Lor} gerilimi ve R_L yük direncine bağlı olarak yükten I_{Lor} gibi bir yük ortalama akımı akar. Bu akımın değerini, seri bağlanan bir DA ampermetresinden okumak mümkündür.

Yük ortalama akımı: $I_{Lor} = V_{Lor}/R_L$ 'dir. Burada şu iki noktaya dikkat edilmelidir:

- Diyodun dayanabileceği ters yön gerilimi
- Diyoddan geçirilebilecek olan doğru yön akımı

Örnek olarak doğrultuculardа en çok kullanılan 1N4001 diyodunu alın. Bu diyodun ters yön gerilimi 50 volttur. Geçirilebileceği maksimum doğru yön akımı ise 1000 mA'dir. 1N4001 diyodunun ters yön gerilimi, devrede iletimin olmadığı durumda diyoda gelen 12 VT_{sef} gerilimine göre çok toleranslıdır.

Doğru yön akımı da öyledir. Bu duruma daha küçük değerli bir diyod da seçilebilecektir. Seçimde çok kesin sınırlar yoktur. Tepe değerinin 2–2.5 katı değerlere sahip bir diyod yeterli olabilir. Seçim için katalog değerlerinden yararlanılır.

2.2. Tam Dalga Doğrultma Devresi

Tam dalga doğrultmada, alternatif gerilimin iki alternansı da aynı yönde yük direncine uygulanmaktadır. Yani iki alternansta da çıkış devresinden akım akmaktadır. Bu işlem iki diyodlu tam dalga doğrultma ve köprü tipi tam dalga doğrultma olmak üzere iki yöntemle gerçekleştirilir.

2.2.1. İki Diyodlu Tam Dalga Doğrultma

İki diyodlu tam dalga doğrultma devresinde Şekil 2.5'te görüldüğü gibi transformatörün sekonder sargısı ortasından dönüş için bir uç daha alınmaktadır.

Şekil 2.5'teki devre kuruluşunda alternansının birinde bir diyod, diğerinde ise diğer diyod iletime geçmektedir. Böylece yük direncine Şekil 2.5 (a) 'da görüldüğü gibi her iki alternansın da gerilimi uygulanmış olmaktadır. Dolayısıyla yük direnci üzerinde sürekli akım vardır.

Şekil 2.5 (b)'de görüldüğü gibi birinci alternansta D_1 diyodu iletime geçerek devreyi tamamlamakta; ikinci alternansta ise şekil 2.5 (c)'de görüldüğü gibi D_2 iletime geçmektedir. Böylece R_L yük direncinden hep aynı yönde (+ 'dan –'ye doğru) bir DA akım akmaktadır. Buradaki "–" gerilim aslında yukarıda açıklandığı gibi sıfır değerindedir.

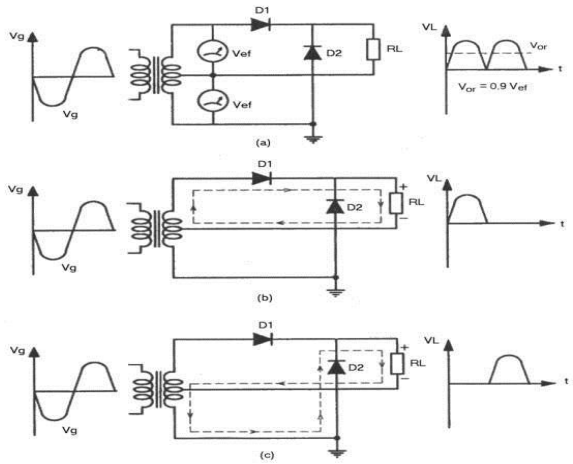
2.2.2. Gerilim ve Akım Bağıntıları

İki diyodlu tam dalga doğrultmaktaki gerilim ve akım bağıntıları, yarım dalga doğrultmadakinin benzeridir. Tek fark doğru gerilimin değerindedir.

Burada da doğru gerilim voltmetresi aşağıda verilen ortalama değeri ölçer:

Doğru gerilim: $V_{Lor} = 0{,}9V_{Tef} = 0{,}637V_{Tm}$,
Doğru akım: $I_{Lor} = V_{Lor}/R_L$ 'dir.

İki diyodlu tam dalga doğrultucunun önemli bir dezavantajı vardır. Her alternansta transformatör sekonderinin bir yarısından yararlanılmaktadır. Bu durumda transformatörün boyutları büyüdüğünden maliyeti artmakta, çok yer kaplamakta ve çok ısınmaktadır.



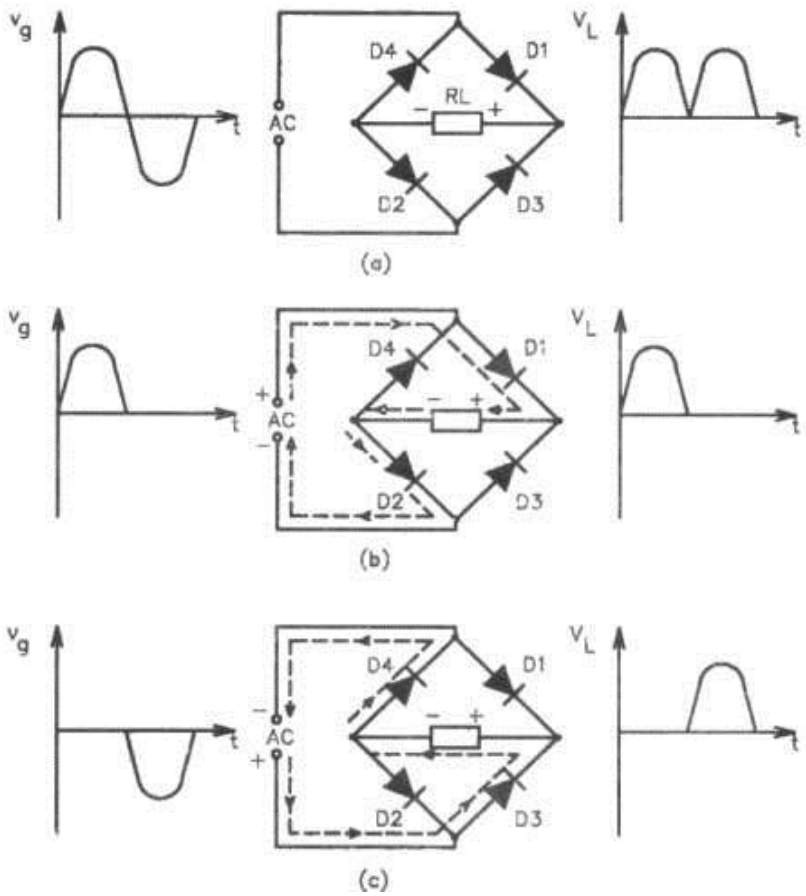
Şekil 2.5: İki diyodlu tam dalga doğrultucu

2.2.3. Köprü Tipi Tam Dalga Doğrultma

Köprü tipi veya dört diyodlu tam dalga doğrultmalarda Şekil 2.6'da görüldüğü gibi köprü şeklinde kurulmuş dört diyoddan yararlanılmaktadır.

Bu tür doğrultucularda alternatif gerilim, transformatör sekonderinin iki ucundan alınmaktadır. Devre, bir alternansta D_1, R_L ve D_2 üzerinden, diğer alternansta ise, D_3, R_L, D_4 üzerinden tamamlanmaktadır.

Böylece R_L yük direncinden her iki alternansta da aynı yönde (+ 'dan - 'ye doğru) akım geçmektedir. Bu akım Şekil 2.6 (a)'da görüldüğü gibi darbeli bir akımdır. R_L üzerindeki V_L gerilim düşümü ve I_L yük akımı, iki diyodlu doğrultuculardaki gibidir. Köprü diyodlara ait bilgiler genellikle üzerinde yazar. Örneğin BC0C1500 yazan bir köprü diyod 40V, 1500 mA'lik doğrultucu demektir. Çoğunlukla da gerilim ve akımlar üzerine doğrudan yazılır.



Şekil 2.6: Köprü tipi doğrultucu

2.2.3.1. Köprü Tipi Doğrultucuların Avantajları

Köprü tipi doğrultucu kullanılırsa iki diyodlu tam dalga doğrultuculara göre daha küçük transformatör kullanılabileceğinden maliyet, yer, ısınma bakımından avantaj sağlandığı gibi dört diyod bir gövde üzerinde hazırlandığından montaj kolaylığı da sağlar.

2.3. Filtre Devreleri

Sadece diyodlar ile yapılan doğrultmalarda darbeli bir doğru gerilim ve akım elde edilmektedir. Pil ve akümülatör gibi doğru gerilim kaynaklarından alınan gerilimin şekli ise düzgündür. Doğrultma devrelerinden de alınan darbeli gerilimi, mümkün olduğunca düzgün hâle getirmek için bir takım devreler kullanılır. Bu devrelere **filtre devreleri** denir.

2.3.1. Filtre Devre Çeşitleri

2.3.1.1. Kondansatörlü Filtre

Kondansatöre gerilim uygulandığında, plakalar arasında uygulanan gerilime eşit bir gerilim oluşur. Bu gerilim oluşuncaya kadar devreden giderek azalan bir akım olur. Bu olaya şarj etme (yükleme) denmektedir. Kondansatör şarj olduktan sonra uçları arasına bir direnç bağlanırsa o direnç üzerinden de boşalır. Bu olaya da deşarj etme denir.

Kondansatörlü filtrelerde, kondansatörün şarj-deşarj özelliğinden yararlanılmaktadır. Şekil 2.7'de, kondansatörün filtre görevi yaptığı köprü tipi doğrultucu ve dalga şekillerindeki değişim gösterilmiştir.

Kondansatör bir anahtar yardımıyla devreye sokulup çıkarılabilmektedir. Şekil 2.7(b)'de kondansatörsüz doğrultucu çıkışındaki -anahtar açık hâldeki- R_L yük direnci üzerinde oluşan alternanslar görülmektedir.

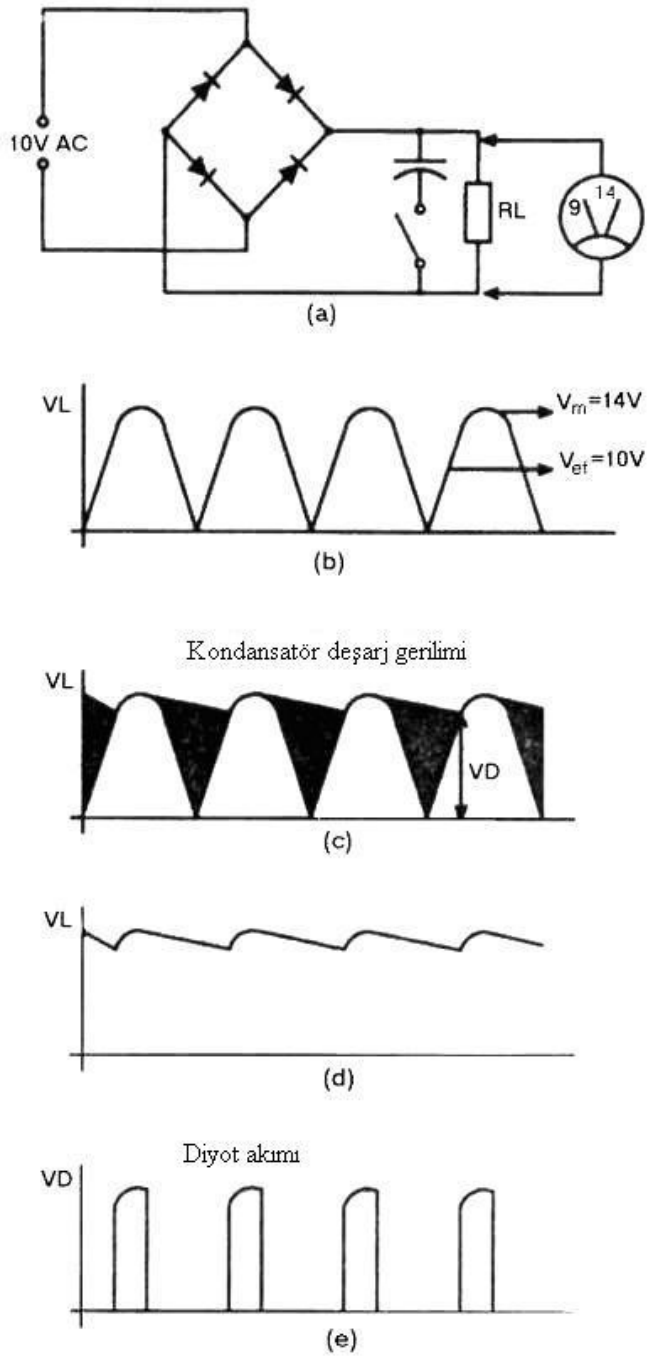
Şekil 2.7(a)'da doğrultucu girişine tepe değeri, V_m=14 V olan bir alternatif gerilim uygulanmıştır. Şekil girişinde gösterilmiş olan 10 V alternatif gerilimin efektif değerdir. Bilindiği gibi alternatif akım ölçü aletleri efektif değerleri göstermektedir.

- **Şarj işlemi**

İlk alternansta kondansatör şarj olur. Şarj işlemi, V_m tepe değerine (14V 'a) kadar devam eder.

- **Deşarj işlemi**

İlk alternans gerilimi azalmaya başladığı zaman kondansatör de R_L yük direnci üzerinden deşarja başlar. Deşarj nedeni ile kondansatörün ve dolayısıyla da R_L yük direncinin uçları arasındaki gerilim, maksimum değerden başlayarak yavaş yavaş düşer. Kondansatör ne kadar büyük olursa gerilimdeki düşme o oranda az olur.



Şekil 2.7: Kondansatörlü filtre ve gerilimdeki değişimler

Bir yandan kondansatör gerilimi düşerken öbür taraftan Şekil 2.7 (c)'de de görüldüğü gibi ikinci alternansın gerilimi yükselmektedir. Kondansatörün deşarj işlemi; "V_D" deşarj gerilimi ikinci alternans gerilimine eşit oluncaya kadar devam eder. Bu eşitlikten sonra kondansatör ikinci alternans geriliminin tepe değerine kadar tekrar şarj olur. Bu alternansın gerilimi de tepe değerinden düşmeye başlayınca kondansatör de deşarja başlar ve bu olay tekrarlanarak devam eder.

- **Ripl gerilimi**

Kondansatörün sürekli olarak şarjı ve deşarjının etkisiyle R_L yük direnci uçları arasında Şekil 2.7(d)'de görüldüğü gibi dalgalı bir gerilim oluşur. Bu dalgalanmaya ripl denir. Gerilimdeki dalgalanma miktarı da "V_r" ripl gerilimidir.

Burada aşağıdaki durumlar önemlidir ve dikkat edilmesi gerekir.

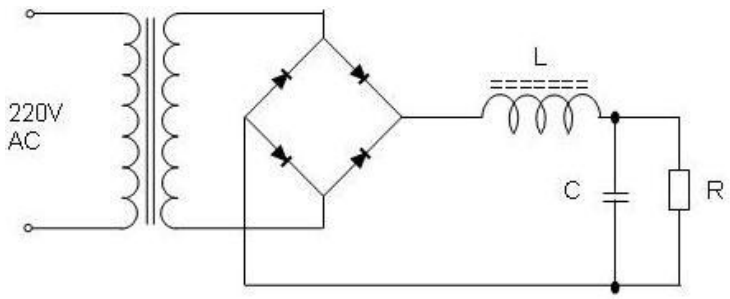
- Kullanılan kondansatörün kapasitesi (C) ne kadar büyük olursa çıkıştaki dalgalanma da (ripl) o kadar az olur.
- Kondansatör gerilimi, ripl gerilimi kadar düşerse V_D değerine gelinceye kadar geçen zaman içerisinde alternatif akım devresinden ve dolayısıyla da diyodlardan akım akmaz.

Bunun nedeni, kondansatör deşarja başladığında Şekil 2.7(c)'den de görüldüğü gibi "ALTERNATİF AKIMIN" alternansı maksimumdan sıfıra kadar inmekte ve tekrar yükselerek V_D değerine geldiğinde kondansatör gerilimine eşitlenmektedir. Bu zaman aralığında kondansatör gerilimi, "ALTERNATİF" gerilimden daha büyük olduğundan diyodlardan akım akışına engel olmaktadır.

Ancak V değerinden sonra alternatif gerilim kondansatör geriliminden daha büyük olduğundan, Şekil 2.7(e)'de görüldüğü gibi diyodlardan akım akmaya başlamakta ve kondansatör de tekrar şarj olmaktadır. Diyoddan akım akışı alternatif gerilimin V_m tepe değerine ulaşmasına kadar devam ettiği için bu akıma diyod akımı denir.

2.3.1.2. Şok Bobinli Filtre

Bobinler "L" self endüktansına sahiptir. Bir bobinden akan akım, bir direnç üzerinden akan akıma göre 90° daha gecikmelidir. Bobinlerin bu özellikleri zıt elektromotor kuvvet (E.M.K.) üretmelerindendir.



Şekil 2.8: Şok bobin filtreli doğrultma devresi

Bobinden akım geçerken bu akımı azaltıcı etki yapar. Devrenin kesilmesi anında düşen akıma da büyültücü etki yapar. Bobinin ortasına ince saclardan oluşturulmuş bir nüve konulursa bu etkinliği artar. Demir nüveli bobine şok bobini denir.

Şok bobininin zıt "E.M.K." üretme özelliğinden yararlanıp, Şekil 2.8'de görüldüğü gibi kondansatörle birlikte kullanılarak bir filtre devresi oluşturulur. Şok bobini, kondansatörden önce devreye seri olarak bağlanır. Bu nedenle filtre devresine şok girişli filtre de denmektedir.

- **Şok girişli filtrenin avantajları**

  - Akımdaki ani değişimleri önler. Şok bobini, L self endüktansı nedeniyle yukarıda da açıklandığı gibi geciktirici etki yaptığından akımdaki ani değişmeleri takip edememekte ve dalgalanmaları (ripl'ları) önleyici etki yapmaktadır. Örneğin Şekil 2.7 (e) 'de gösterildiği gibi kondansatörün şarjı sırasında diyodlara ani akım darbeleri gelmektedir. Şok bobini bu ani akım yükselişini kısmen yavaşlatarak darbe etkisini önlemektedir. Benzer şekilde yük tarafında kısa devre olması hâlinde gelecek akım darbesini de yumuşatır. Sonuçta transformatörün fazla ısınması önlenir. Diyodların yanma ihtimali azalır.
  - Çıkış gerilimini giriş gerilimine yaklaştırıcı etki yapar. Yukarıda açıklandığı gibi yalnızca kondansatör ile oluşturulan filtrede, yük direnci uçları arasındaki gerilim;

$V_{RL} = 1{,}414\ V_{ef}$

Yük gerilimi, efektif geriliminin yaklaşık bir buçuk katı olmaktadır. Bu önemli bir farktır. Bu fark transformatör çıkış gerilimine göre devre kurmak isteyenleri yanıltabilir. Şoktaki gerilim düşümü bu farkı bir miktar azaltmaktadır.

  - Yük direncindeki gerilim dalgalanmalarını küçültücü etki yapar. Şok bobini, yük direnci üzerindeki akım dalgalanmalarını şu iki yoldan küçültmektedir:

    - Ani akım değişimlerini yavaşlatarak R_L'den akan akımdaki değişimleri ve dolayısıyla da gerilim değişimlerini küçültür.
    - Büyük akımda büyük gerilim düşümü ve küçük akımda küçük küçük gerilim düşümü yapmak suretiyle de R_L yük direnci üzerindeki gerilim dalgalanmalarını küçültür.

Şok bobinden sonra bağlanan kondansatör de yukarıda açıklanan kondansatörlü filtrenin görevini yapmaktadır. Yani çıkış geriliminin sabit tutulmasında yardımcı olmaktadır. Şok bobinin "L" selfi ile kondansatörün "C" kapasitesi, yük direncinden akan I_{RL} akımı r dalgalanma kat sayısı arasında şu bağıntı vardır:

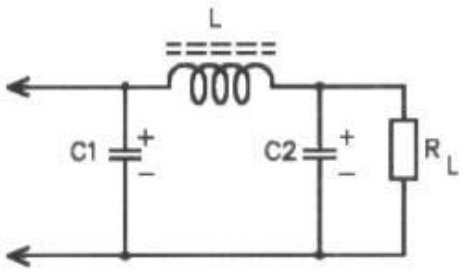
$L = (\sqrt{2} / 3r) * (I / \omega^2 C)$ $\omega{:}2\pi f$

2.3.1.3. π (Pi) Tipi Filtre

Doğrultucu çıkışına bağlanan paralel kondansatör, yük direnci uçları arasındaki DC gerilimdeki dalgalanmaları (Ripl), çıkışa seri olarak bağlanan şok bobini ise yük direncinden akan akım dalgalanmalarını azaltmaktadır.

Bu nedenle Şekil 2.9'a benzer şekilde kondansatör ve şok bobinlerinin sayısının arttırılması oranında, çıkıştan alınan DC gerilim ve akımdaki dalgalanmalar da azalır. Çünkü paralel bağlı kondansatörlerin kapasiteleri toplanır. Kondansatör kapasitesi büyüdükçe deşarjı yavaş olur. Şekil 2.9 'daki C_1 ve C_2 kondansatörleri paralel bağlı konumda olduğundan toplam kapasite artmaktadır. Dolayısıyla da Şekil 2.7 (c) ve (d)'de görüldüğü gibi R_L üzerinden deşarj yavaş olduğundan çıkış gerilimindeki dalgalanma (ripl) azalmaktadır.

DC akımda L bobininin direnci ihmal edilebilecek kadar küçük olduğundan C_1 ve C_2 uçları bitişikmiş gibi düşünülebilmektedir. Ancak akım değişiminde bobin görevini yapmaktadır. Bu nedenle C_1 ve C_2 paralel bağlıymış gibi etkinlik göstermektedir.



Şekil 2.9: Pi tipi filtre

Şekilde görüldüğü gibi bağlantı şekli pi (π) harfine benzediği için "pi" tipi filtre denmiştir. C_1 kondansatörünün şarjı sırasında diyodlardan darbeli bir akım geçmesine neden olması π tipi filtrenin bir dezavantajıdır.

2.3.2. Filtre Devrelerinde Kondansatörün Rolü

Filtre devrelerinde bir miktar ripl olduğundan kondansatör kullanmak daha düzgün bir doğru gerilim elde etmeye yarar. Kondansatörsüz duruma göre daha büyük doğru gerilim elde edilmesini sağlar.

Şekil 2.7 (a) çıkışında gösterilmiş olduğu gibi anahtar kapalıyken -kondansatör devrede iken- voltmetre ile V_{CM}=14V okunmaktadır. Bu değer alternatif gerilimin maksimum değeridir.

Alternatif gerilim kaynağının sağladığı gerilimin maksimum değeri:

$V_m = V_{ef}/0,707 = 10/0,707 = 1,414*10 = 14,14 \cong$ 14 volt bağıntısı ile bulunur.

Doğru gerilim voltmetresinden okunan değer aslında tam 14 volt değildir. Nedeni de her ne kadar kondansatör tepe değerine kadar şarj olsa da bir taraftan da yük direnci üzerinden deşarj olmaktadır. Yani gerilimi V_r ripl gerilimi kadar düşmektedir. Voltmetre bu ani şarj ve deşarj olayını gereği gibi takip edemeyeceğinden orta noktalarda bir yerde

duracaktır. Ancak V_r deşarj miktarı küçük olduğundan voltmetre 14V'u gösteriyor denebilecektir.

Çıkış gerilimi hassas olarak şöyle hesaplanır:

Çıkış geriliminin maksimum ve ortalama değerlerine sıra ile V_{RLmak}, V_{RLor} diyelim. Ripl gerilimi de V_r olsun.

$V_{RLor} = V_{RLmak} - (V_r / 2)$ 'dir

Yük akımına (I_{RL}), alternatif gerilimin frekansına (f) ve kondansatör kapasitesine (C) bağlı olarak V_r ripl gerilimi:

$V_r = I_{RL} / F_C$ bağıntısı ile hesaplanmaktadır.

V_{RLmak} değeri alternatif gerilimin gerilimin V_m maksimum değerine eşittir. Bu durumda;

$V_{RLor} = V_m - (I_{RL} / 2F_C)$ olur.

Bu bağıntıda, C farad, I_{RL} amper, f hertz olarak yazılır.Çıkışta kondansatör bağlanmamış olsaydı DA ölçü aleti ile R_L uçları arasında ölçülecek olan gerilim şu ortalama değerde olacaktı:

$V_{or} = 0,637\ V_m$ bağıntısına göre: $V_{or} = 0,637*14 = 9$ volt

$V_{or} = 9V$ değeri de yine Şekil 2.7 (a) 'da voltmetre üzerinde gösterilmiştir.

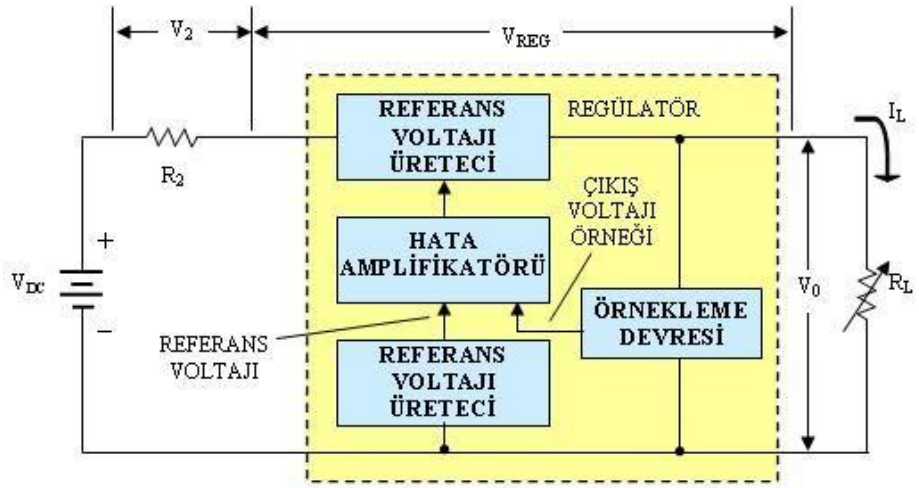
2.4. Regüle Devreleri

Çıkış gerilimi veya akımını belirli bir değerde sabit tutan devreye regüle devresi denir. Aynı zamanda regülasyon devresi veya regülatör deyimleri de kullanılır.

Sabit bir V_0 elde etmek için Şekil 2.10'da gösterildiği gibi bir regülasyon devresi R_Z ve R_L'nin arasına eklenir. Regülatörün uçları arasında bir voltaj düşüşü (V_{REG}) vardır. Şekil 2.10'da gösterildiği gibi $V_0 = V_{DC} - (R_Z + V_{REG})$'dir.

2.4.1. Regüle Devresinin Görevi

Gerekli regülasyonu sağlamak için I_L ve V_{DC} değiştikçe V_0 'ı sabit tutmak için regülatör devresi V_{REG}'i değiştirir. Eğer I_L artarsa V_Z de artar. Bu da V_0 'ın azalmasına neden olur. Ancak regülatör V_Z'deki artışı dengelemek için V_{REG}'i azaltır, böylece V_0 sabit kalır. Tersi durumda eğer I_L azalırsa bu da V_0 'ı artırmaya yönelir. Regülatör V_0 'ı sabit tutmak için V_{REG} 'i artırır. Benzer şekilde eğer V_{DC} artar veya azalırsa regülatör V_{REG} 'i verilen sıraya göre artırır veya azaltır.



Şekil 2.10: Basitleştirilmiş regülatör devresi

2.4.2. Regüle Devresi Çeşitleri

2.4.2.1. Zener Diyodun Regülatör Olarak Kullanılması

Zener diyodlu regülatörde, zener diyodun belirli bir ters gerilimden sonra iletime geçme özelliğinden yararlanılmaktadır. Zener diyod, yük direncine ters yönde paralel olarak bağlanmakta ve yüke gelen gerilim belirli bir değeri geçince zener diyod iletime geçerek devreden geçen akımı artırmaktadır. Bu akım, devreye konan seri dirençteki gerilim düşümünü artırdığından yüke gelen gerilim sabit kalmaktadır.

2.4.2.2. Seri Regülatör

Seri regülatör, yük akımını sabit tutmak için kullanılır. Bu tür bir uygulama bir veya iki transistörle gerçekleştirilebilmektedir. Transistör yük hattına seri bağlandığından bu tür devreye seri regüle devresi veya seri regülatör denmiştir. Seri regülatör, "pozitif" veya "negatif" regülatör olarak kullanılır.

- **Pozitif seri regülatör**

Şekil 2.11'de zener diyodlu bir seri regülatör devresi verilmiştir. Devrenin pozitif gerilim regülatörü olarak çalışması için NPN transistör kullanılmıştır. Negatif tarafta topraklanmıştır.

- **Devrenin çalışması**

Şekil 2.11'deki regülatörde görüldüğü gibi transistör ve R_L yük direnci öyle seçilmiştir ki V_C=20 V'luk kollektör gerilimi ve V_B=12 V'luk beyz geriliminde R_L yük direnci üzerinden +11,4V 'luk çıkış alınmaktadır.

Doğrultucu çıkışındaki +20V, C kondansatörünün etkisiyle alternatif gerilimin tepe değeridir. Kullanılan transistör NPN silikon transistördür.

- **Zener diyodun seçimi**

11,4 V'luk çıkış için; V_Z = 12 V'luk zener seçilir. Bunun nedeni Şekil 2.11 ile açıklanabilir. Şekil 2.11 takip edilirse B beyz noktasının toprağa göre gerilimi hem zener üzerinden hem de transistör ve R_L yük direnci üzerinden birbirine eşittir. Bu eşitlik şöyle yazılır:

$V_B=V_Z=V_{BE}+V_{RL}$

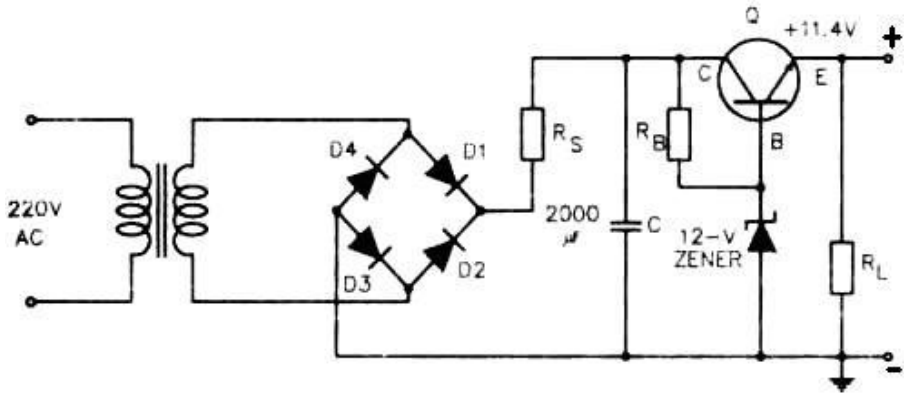
Silikon transistör de V_{BE} = 0,6 V olduğuna göre değerler yerine konulursa:

Vz = 0,6 +11,4 = 12 V olur.

Böylece giriş gerilimi yükselse de transistörün beyz gerilimi 12 voltta sabit kalacak ve buna bağlı olarak I_B beyz ve I_E emiter akımları sabit kalacaktır. Dolayısıyla yük akımı sabit kalacaktır.

- **R_b direncinin seçimi**

Zener diyodun ters yönde iletime geçtiği anda akıtabileceği akım değeri kataloglarında belirtilmiştir. Bu akıma göre R_B direncinin değeri belirlenir.



Şekil 2.11: Pozitif seri regülatör

Örneğin 12 V, 1W 'lık 1N4742A zener diyodunun ters iletimdeki akımı 21 mA'dir. Zener ters iletime geçtiğinde bu akım R_B üzerinden devre tamamlanır. Şekil 2.11'e göre doğrultucu çıkışındaki 20 V ile zener gerilimi 12 V arasında 8 V'luk fark vardır. Bu durumda R_B şöyle olmalıdır:

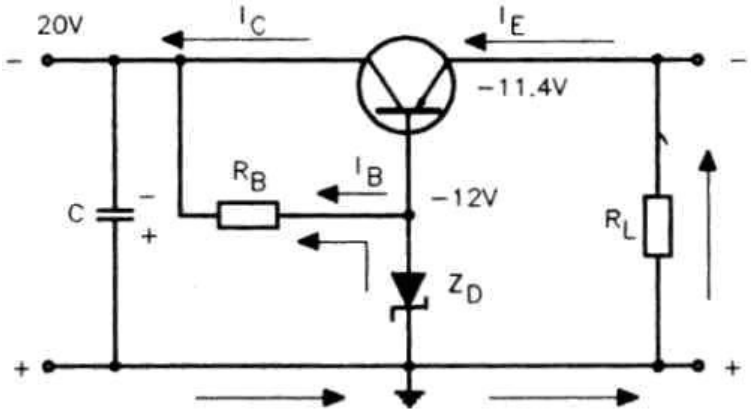
$R_B = V_{RB} / I_{RB} = 8/21*10^{-3} = 380\ \Omega$

- **Regülasyon işlemi**

Transistör kollektöründe 20 V bulunduğu sürece transistör, R direnci üzerinden aldığı 21 mA 'lik beyz akımı ile "akım kumandalı" olarak çalışır. Giriş geriliminin herhangi bir nedenle 20 V'un üzerine çıkması hâlinde B noktasındaki gerilim 12 V'u geçeceğinden zener diyod ters yönde iletime geçer. Bu durumda R_B'den geçen akım artar. Dolayısıyla R_B'deki gerilim düşümü artar. Bu artış giriş gerilimindeki yükseliş kadar olacağından transistörün beyz gerilimi 12 V'ta sabit kalır. Böylece transistör normal çalışmasına devam eder. Dolayısıyla yük akımı ve yük gerilimi sabit kalır. Ayrıca R_S direnci aşırı gerilim dalgalanmalarını önler.

- **Negatif seri regülatör**

Şekil 2.12'de görüldüğü gibi PNP transistör kullanılır ve zener de ters bağlanırsa Şekil 2.11'e göre ters yönde çalışan bir regülatör oluşur. Yani devre akımları ters yönde akmaktadır. Dolayısıyla çıkışta "+" ve "-" uçlar yer değiştirmiştir.



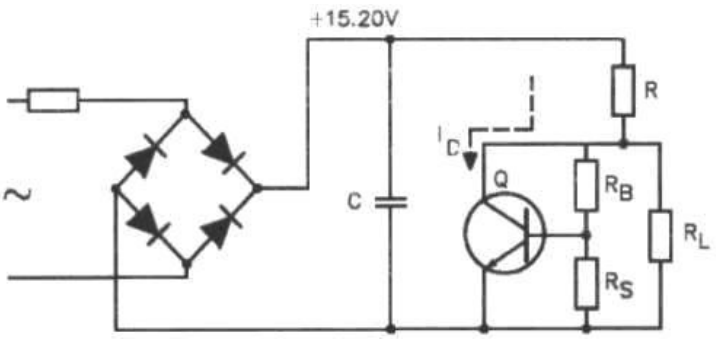
Şekil 2.12: Negatif seri regülatör

Ancak çıkışta sabit gerilim elde etmek bakımından akım yönünün bir önemi yoktur. Burada önemli olan transistörün beyz geriliminin sabit tutulmasıdır. Şekil 2.12'de beyz "-12V 'ta" sabit tutulmaktadır. Çıkışın "+" tarafı ortak uçtur. Yani toprak ucudur. Böylece, (-) gerilim çıkışlı bir regülatör, diğer bir deyimle negatif gerilim regülatörü elde edilmiştir. Çalışma şekli pozitif regülatör ile aynı prensibe dayanır.

2.4.2.3. Şönt (Paralel) Regülatör

Paralel regüle devreleri 1-20 mV tolerans ile yük gerilimini sabit tutabilmektedir. Şekil 4.4 'te iki paralel regüle devresi verilmiştir.

Şekil 2.13'te verilen devrede herhangi bir nedenle giriş gerilimi düşerse devreden akan akım azalacaktır. Dolayısıyla R_L yük direncinden akan akım azalır. Bunun sonucunda R_L uçları arasındaki V_L gerilim küçüktür. Regüle devre bu düşüşü önleyerek çıkış gerilimini sabit tutar.



Şekil 2.13: Paralel regüle devresi

Devre akımı azaldığında transistörün R_B ve R_S dirençleri üzerinde gerilim düşümü küçüleceğinden Rs gerilimine eşit olan V_{BE} giriş gerilimi küçülür. Bu durumda I_B beyz akımı düşer. Dolayısıyla I_C kollektör akımı da düşer. Kollektör akımının azalması sonucu besleme devresinden gelen akımın R_L yükü üzerinden akan miktarı aynı oranda artacağından yük akımı sabit kalır. Dolayısıyla yük gerilimi sabit kalacaktır. Besleme gerilimi artarsa yukarıdakinin tersi işlem ile yük akımı, dolayısıyla yük gerilimi yine sabit kalacaktır.

Devre akımının artması veya azalması hâlinde R direncindeki gerilim düşümü de artacak veya azalacağından çıkış geriliminin fazla değişmesinin önlenmesinde R direncindeki gerilim düşümü de etken olmaktadır.

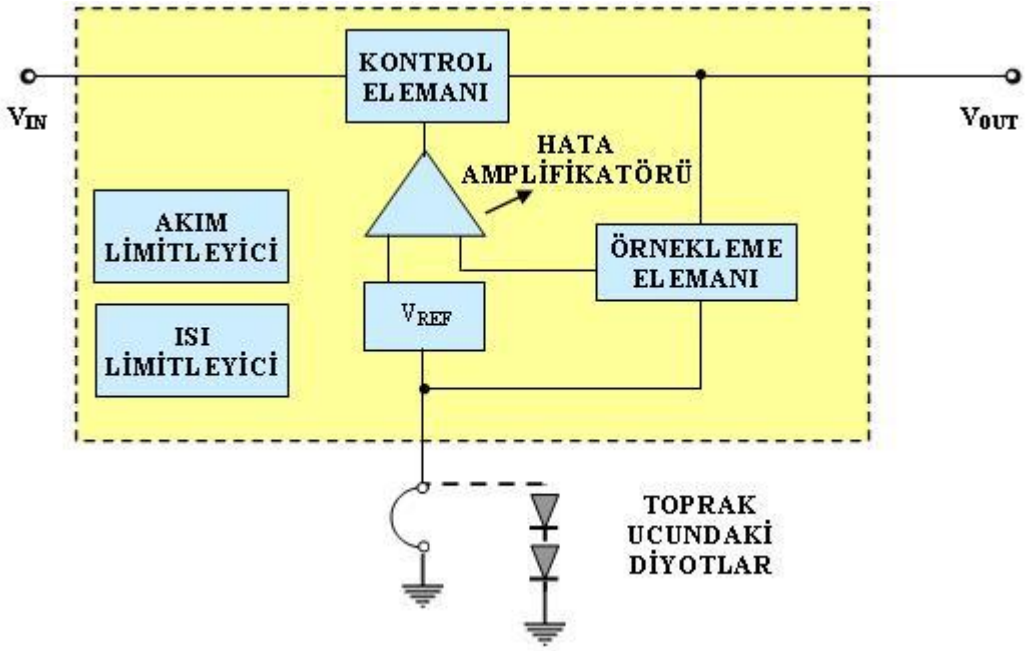
2.4.2.4. IC Regülatörler

Birçok kombinasyondaki örnekleme elemanı, hata yükselteci ve kontrol elemanı entegre devre formunda mevcuttur. Bu devreler, bir regüleli güç kaynağı imal etmek için önceki yıllara göre işleri daha fazla kolaylaştırmaktadır. Bu kısımda bilinen üç voltaj regülatör entegre devresi tanıtılacaktır.

- **7800 serisi sabit çıkışlı voltaj regülatörleri**

Şekil 2.14'te gösterildiği gibi LM-7800 serisi üç terminalli regülatör, bir V_{IN} terminali (giriş), bir V_{OUT} terminali (çıkış) ve bir toprak terminali olan bir seri-geçişli regülatördür. 7800 serisinde 5 ile 24 volt arasında sınıflandırılmış çıkış voltajları mevcuttur. Malzeme numarasındaki son iki rakam regülatörün çıkış voltajını gösterir. Örneğin, 7805 5 voltluk regülatör, 7812 12 voltluk regülatör ve 7815 15 voltluk regülatördür.

Her regülatör için regüleli çıkış voltajı sabittir. Buna ek olarak en yüksek çıkış akımını güvenli bir değerde sabitlemek ve iç güç dağılımını güvenli bir limitte tutmak için koruyucu devrelere de sahiptir. İç güç dağılımı belirlenmiş bir değere geçerse bir termal kesici devre devreye girmektedir. 7800 serisi regülatörler uygun soğutucularla, 1,5 amper yük akımı sağlayabilir. Çıkış geriliminin belirlenmiş değerde kalabilmesi için örnekleme elemanı yüke yakın iyi bir topraklama noktasına bağlanmasına dikkat edilmelidir.

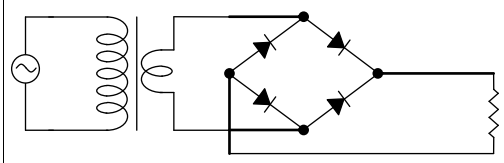


Şekil 2.14: 7800-seri regülatör

Şekil 2.14'te gösterildiği gibi regülatör toprağı, topraktan daha yüksek bir gerilime yükseltildiğinde regülatörün çıkışı artabilmektedir. Çizgilerle gösterilen hat, regülatörün toprak ucu ile iki IN4001 diyodun seri olarak bağlandığını göstermektedir. Silikon diyodlardaki ileri-bias gerilim düşümünden dolayı regülatörün toprak ucu, toprak seviyesinin 1,3 ile 1,4 volt üzerinde olmalıdır. Bu da çıkışı belirlenmiş sabit voltaj çıkışından 1,3 ile 1,4 volt yukarıda olmasına sebep olarak regülasyonun kalitesini düşürür. Çünkü sadece V_0'ın bir bölümü örneklenmektedir. Daha fazla diyodla veya ters-biaslı, yüksek akımlı zener diyodlarla daha yüksek farklar elde edilebilir. Bu teknikler, sabit çıkış gerilimini 1 veya 2 volt artırmak için kullanışlıdır. Daha düşük akım (100 mA) ve daha küçük malzeme boyutu için 78L00 serisi de kullanılmaktadır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Doğrultmaç devresi ile ilgili uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Devre elemanlarını çizilen şemaya göre deney setine yerleştiriniz. 	➢ Transformatörün primer sargısında 220 V gerilim uygulanacağını unutmayınız ve elektrik çarpmasıyla ilgili gerekli tedbirleri alınız.
➢ Köprü tipi diyodun çıkış dalga şeklini osilaskopta inceleyiniz.	➢ Osilaskobu AC moduna alınız.
➢ Doğrultma devrelerinde paralel bağlı kondansatör etkisini osilaskopta inceleyiniz.	➢ Osilaskobu AC moduna alınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet** ve **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Faaliyet için gerekli araştırma yapıp rapor hâline getirdiniz mi?		
2. Faaliyette kullanacağın araç gereci eksiksiz temin edebildiniz mi?		
3. Gerekli tedbirleri aldınız mı?		
4. Devre elemanlarını şemaya göre deney setine yerleştirdiniz mi?		
5. Köprü tipi diyodun çıkış dalga şeklini osilaskopta incelediniz mi?		
6. Doğrultma devrelerinde paralel bağlı kondansatör etkisini osilaskopta incelediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–3

AMAÇ

Güç kaynağı baskı devresini hatasız yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Kaç çeşit baskı devre yapım yöntemi olduğunu internetten ve okul kütüphanesinden yararlanarak araştırınız.

3. BASKI DEVRELER

3.1. Baskı Devre Şemasının Çizimi

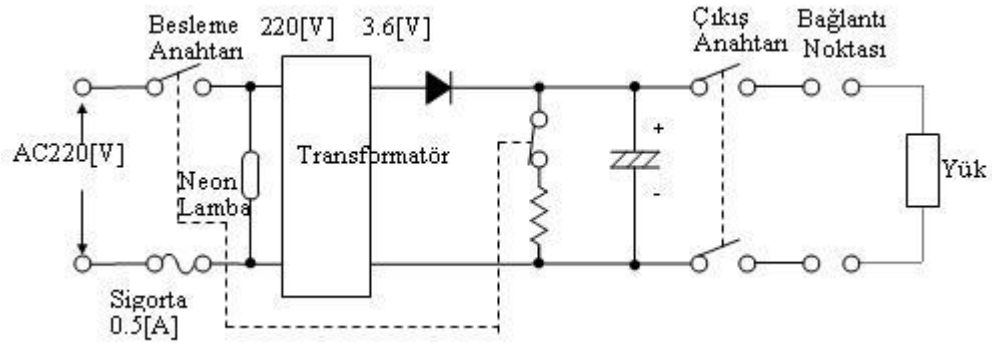
3.1.1. Malzeme Listesi

Baskı devre çıkarılmadan önce malzeme listesi oluşturulur ve elektronik devre şeması çizilir. Oluşturulacak olan güç kaynağı için gerekli olan malzemeler şunlardır:

Nu.	Parçalar	Kodu ve Özelliği	Adet
1	Alüminyum board	MA-5	1
2	Anahtar	DS-050 - DS-054	1'er
3	Born vidası		
4	Sigorta ve sigorta yuvası	0.5A - F7155	1
5	Işığa duyarlı devre plaketi	No.30K	1
6	Transformatör	220[V]-3.6[V]	1
7	Kondansatör	35 V 10000µF	1
8	Diyod	1S1887	1
9	Direnç	30Ω 1/4W	1
10	Kablo contası		1
11	Vida	M3×20mm ve M3×10mm	4'er
12	Vida	M3× 6mm	2
13	Somun ve düz rondela	M3	10'ar
14	Bakalit taşıyıcı	ID3mm×10mm	4
15	Lastik ayak (küçük tip)		4
16	Fişli kablo	1.5m	1
17	Neon lamba		1
18	Çok telli kablo	ϕ 75 (n)	
19	Makaron		
20	Muz jak (kırmızı) (siyah)		1'er

3.1.2. Elektronik Devre Şeması

Yapılacak olan güç kaynağının elektronik devre şeması Şekil 3.1'de görülmektedir.

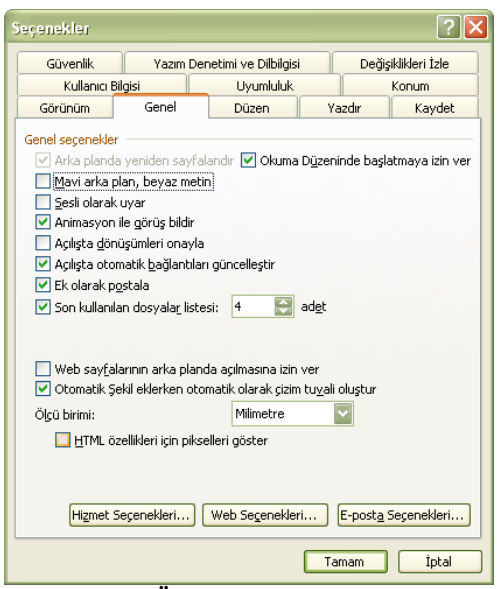


Şekil 3.1: Güç kaynağı elektronik devre şeması

3.1.3. Baskı Devre Şemasının Microsoft Word Programında Hazırlanması

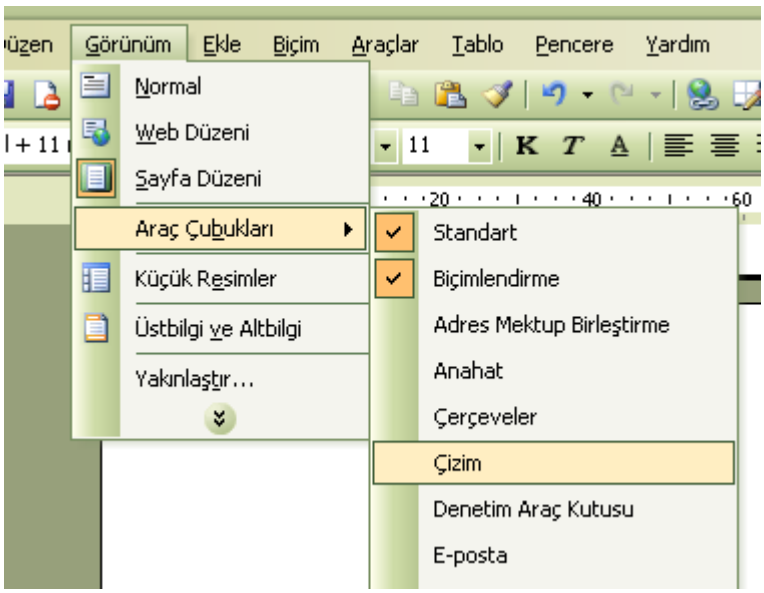
Baskı devreyi "Microsoft Word" programında hazırlamak için bu programda öncelikle bazı ayarların yapılması gerekir. Bu ayarların aşamaları şunlardır:

"Araçlar/Seçenekler/Genel" menüsü tıklandıktan sonra Şekil 3.2'de görüldüğü gibi ölçü birimi milimetre olarak ayarlanır.



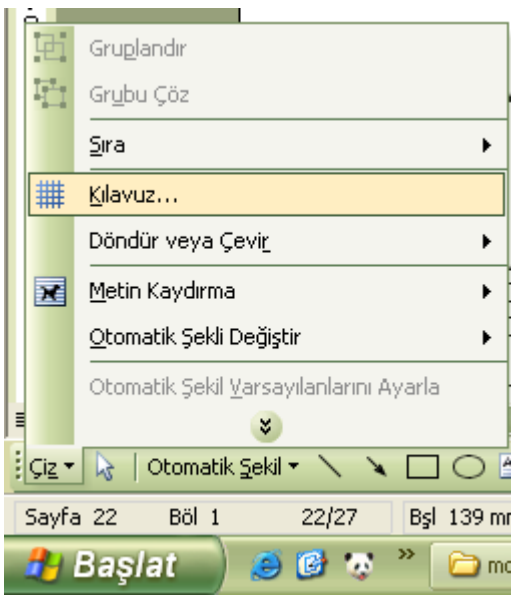
Şekil 3.2: Ölçü birimi ayar penceresi

Şekil 3.3'te görüldüğü gibi "Görünüm/Araç Çubukları/Çizim" menüsü tıklanarak "Çizim Araç Kutusu" ekrana getirilir.



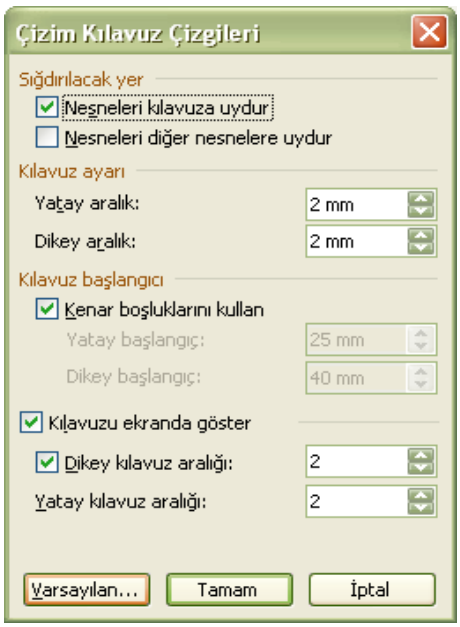
Şekil 3.3: Çizim araç kutusunun ekrana getirilmesi

Daha sonra Şekil 3.4'te görüldüğü gibi çizim araç kutusunda "Çiz" menüsünden "Kılavuz" seçeneği tıklanarak "Çizim Kılavuz Çizgileri" penceresi ekrana getirilir.



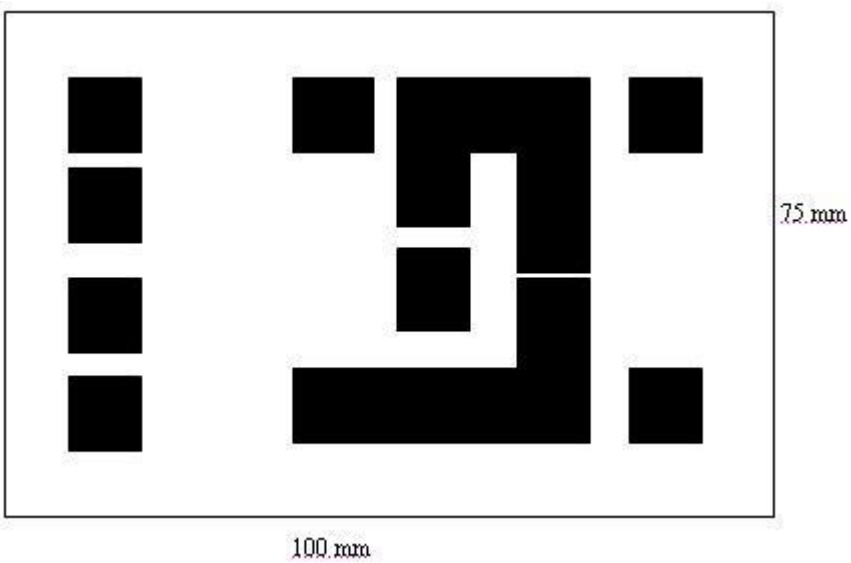
Şekil 3.4: Çizim kılavuz çizgileri penceresinin ekrana getirilmesi

Açılan pencerede daha sonra gelen pencerede ayarlar Şekil 3.5'te görüldüğü gibi 2 mm olacak şekilde değiştirilir ve "Kılavuzu Ekranda Göster" seçeneği işaretlenir.



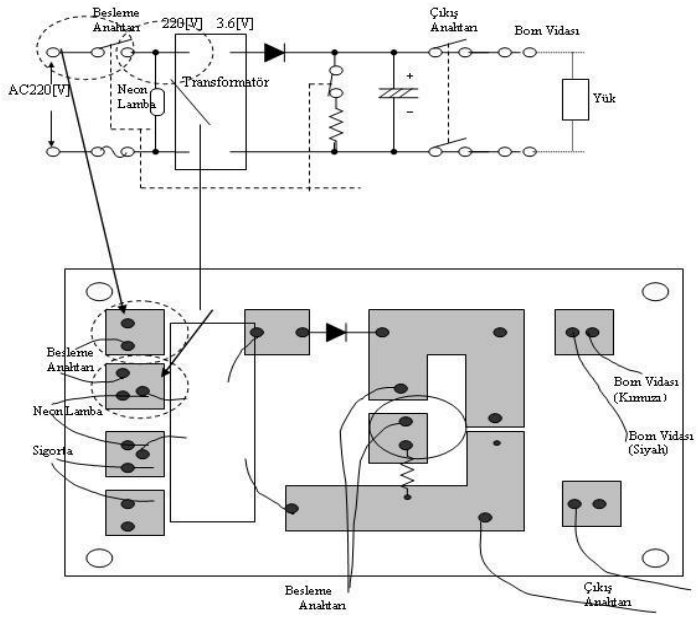
Şekil 3.5: Kılavuz çizgileri ayarları

Artık sayfamız 2 mm^2'lik birimlere ayrılmış bir kâğıt gibi kullanılabilir. Bu sayfayı kullanarak Şekil 3.6'daki baskı devresi şekli çıkarılabilir.



Şekil 3.6: Güç kaynağı baskı devre şeması

Elektronik devre şeması ile baskı devre şemasının eşleştirilmesi Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7: Elektronik devre şeması ile baskı devre şemasının eşleştirilmesi

Daha sonra "Microsoft Word" programında oluşturulan baskı devresinin şeffaf kâğıda çıktısı alınır.

3.2. Baskı Devre Şemasını Bakır Plaket Üzerine Çıkarma

Şeffaf kâğıda çıkarılan baskı devre şemasının bakır plakete aktarılma işlemi şu aşamalardan oluşur:

- Aside uyumlu, ışığa duyarlı plaketi model kâğıt üzerine yapışkanlı bant ile yapıştırınız (Plaketin aşındırılacak yüzeyi ile model kâğıdının basımı yapılacak yüzeyi birleştirilmelidir).
- Vakum mengenesinin içine plaketi yerleştiriniz ve vakumlayınız (iki plaketi birlikte koyabilirsiniz).
- Vakum mengenesini pozlandırma kutusuna yerleştiriniz ve ışığı çalışır duruma getiriniz. Model kâğıdının kalitesi pozlandırma zamanını değiştirir ve yeterli zaman geçtikten sonra ışığa duyarlı asit uyumlu plaket hazırlanmış olur.

3.2.1. Baskı Devrenin Oluşturulması

Baskı devre oluşturma işleminin son bölümü aşındırma ve yıkamadır. Bu bölüm şu aşamalardan meydana gelir:

- Devre plaketini ilk aşındırma sıvısına koyunuz.
- Plaketin tamamını yıkayınız ve daha sonra kurutunuz.
- Plakete 1,5 mm çapında delik açınız. Titanyum tel ile asılı tutunuz.
- Plaketi titanyum tel yardımı ile asidin içine koyunuz.
- Çizdiğimiz yollar dışında kalan bütün bakır kaplı alan aşındırıldıktan sonra plaketi dışarıya alarak su ile yıkayınız ve pozlandırma işlemini tekrarlayınız.
- Plaketi tekrar ilk aşındırma sıvısına koyarak bakır yollar üzerindeki yeşil tabakanın kalkmasını bekleyiniz. Bakırın açık bir şekilde görünmesini sağlayınız.
- Devre plaketini ilk aşındırma sıvısından çıkartınız ve su ile yıkayarak kurutunuz.
- Bakır yolları vernik ile kapladıktan sonra tekrar kurutunuz.

3.3. Baskı Devre Montajı

3.3.1. Baskı Devre Üzerinde Delik Delme İşlemi

Baskı devre plaketinde elektronik malzemelerin bacak yerleri matkapla delinir. Elektronik malzemelerin bacak yerlerinin delinmesi genellikle 1 mm'lik matkap ucu ile yapılır. Bacak çaplarındaki farklılıklardan dolayı farklı çaplarda matkap uçları kullanılabilir. Delme işlemi yapılmadan matkabın kaymaması için önce elektronik malzeme bacaklarının gireceği yerler sivri uçlu nokta ile işaretlenir. Delme işlemi iletken yolların kalkmaması için bakırlı yüz tarafından yapılır.

- Plaket köşelerinden kasaya devre plaketini sabitlemek için içinden vida geçeçek olan 3.5 mm çaplı daire çizilmelidir. Delikler plaket kenarına mesafesi 3 mm olmalıdır.
- Dirençler için delik çağı 1 mm olmalıdır.
- Diyod, kondansatör, kablolama için delik çapı 1.5 mm olmalıdır.
- Transformatör için delik çapı 3.5 mm olmalıdır.

Şekil 3.8: Plaket üzerine yerleştirilecek elemanların bacak yerlerinin delinmesi

3.3.2. Devre Elemanlarının Montaj Özellikleri

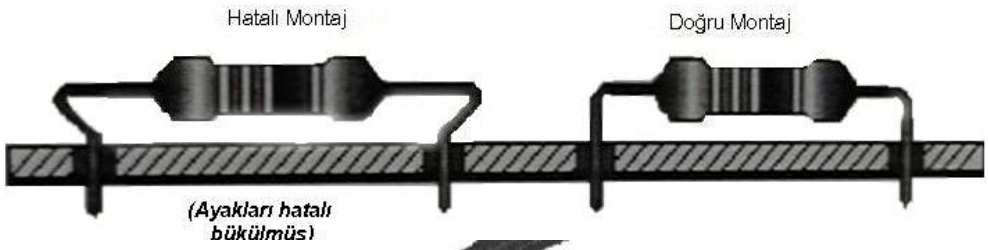
Devre elemanları plaket üzerine monte edilirken bazı hususlara dikkat edilmesi gerekir. Bu hususlar şunlardır:

- Devre elemanları yerleştirilirken göze hoş gelecek estetik bir montaj yapılmalıdır. Ayakları iki taraftan da eşit olarak kıvrılmalı, yerlerine tam olarak oturmalıdır.
- Devre elemanının ayakları hemen dibinden bükülmemelidir. Aksi hâlde ufak bir zorlamada yerinden kopabilir. Bükme yeri ile dip nokta arasında en az 1,5 mm boşluk bırakılmalıdır.
- Ayakların bükülme açısı 90^{O} olmalıdır. Bükme ekseni ile farklı açılar yapan bükümler hatalıdır.
- Takılan elemanların uzun ayakları 1,5–2 mm kalacak şekilde yan keski ile kesilmelidir. İstenirse kalan bu kısımlar plaket üzerinde bakır yol üstüne doğru bükülebilir.
- Transistör, kondansatör gibi devre elemanlarını monte ederken bakırlı plaket üzerindeki deliklerin genişliğine göre bu elemanların da ayak genişlikleri cımbız veya kargaburun yardımı ile genişletilebilir.
- Fazla güç çeken ve ısınan devre elemanlarının ısılarını bakır plakete vermemeleri için çeşitli şekillerde yükseltilmeleri gerekebilir. Yükseltme işlemi için makaron, boncuk veya ayak bükme yöntemleri kullanılabilir.

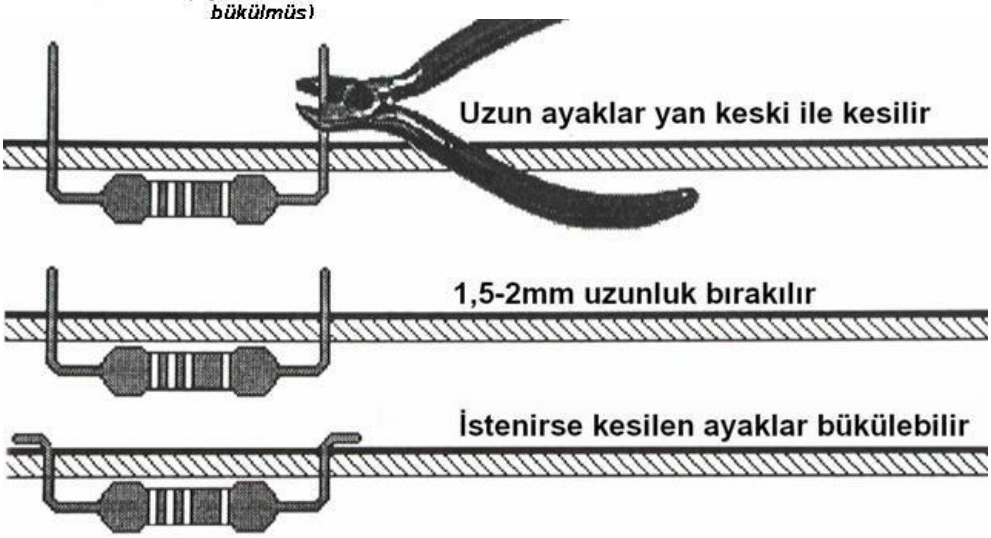
(a)

(b)

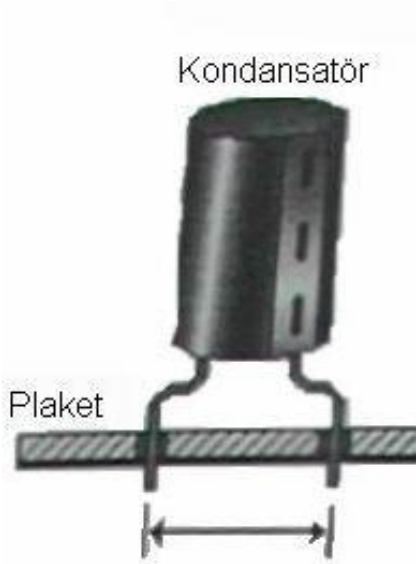
(c)



(d)

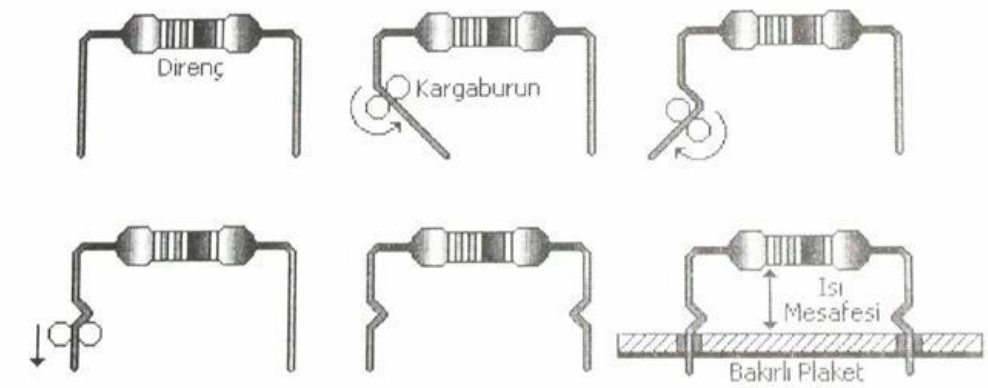


Şekil 3.9: Elemanların plakete, hatalı ve doğru montaj şekilleri



Şekil 3.10: Eleman ayaklarının plakete göre ayarlanması

Şekil 3.11: Makaron ve boncuk ile yükseltme



Şekil 3.12: Bükme yolu ile yükseltme

UYGULAMA FAALİYETİ

Güç kaynağı için baskı devre çıkarma uygulamasını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Baskı devre çıkarma işlemi için gerekli sağlıklı ortamı sağlayınız.	
➢ Baskı devre şemasını çiziniz.	
➢ Çizilen şemayı bakır plaket üzerinde pozlandırınız.	
➢ Bakır plaket üzerindeki yolları asit karışımında çıkarınız.	➢ Asit karışımının ellerinize temas etmemesine dikkat ediniz.
➢ Baskı devre üzerine eleman deliklerini deliniz.	➢ Delik açarken eleman bacaklarının genişliğine göre uygun matkap uçları
➢ Güç kaynağı devre elemanlarını bakır plaket üzerine yerleştiriniz.	
➢ Devre elemanlarını bakır plaket üzerine lehimleyiniz.	

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet** ve **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Faaliyet için gerekli araştırmayı yapıp rapor hâline getirdiniz mi?		
2. Faaliyette kullanacağın araç gereci eksiksiz temin edebildin mi?		
3. Gerekli tedbirleri aldınız mı?		
4. Baskı devre çıkarma işlemi için gerekli sağlıklı ortamı sağladınız mı?		
5. Baskı devre şemasını çizdiniz mi?		
6. Çizilen şemayı bakır plaket üzerinde bozlandırdınız mı?		
7. Bakır plaket üzerindeki yolları asit karışımında çıkardınız mı?		
8. Baskı devre üzerine eleman deliklerini açtınız mı?		
9. Güç kaynağı devre elemanlarını bakır plaket üzerine yerleştirdiniz mi?		
10. Devre elemanlarını bakır plaket üzerine lehimlediniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–4

AMAÇ

Güç kaynağı kasasını, verilen ölçülere göre yapabileceksiniz.

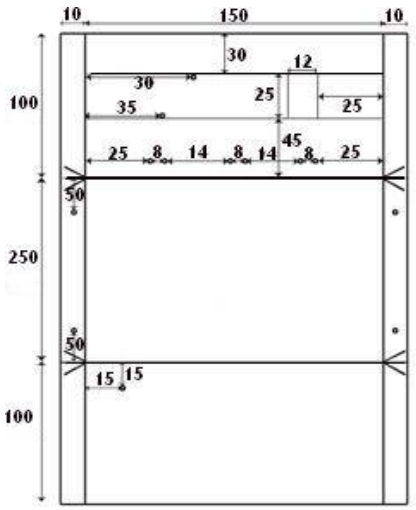
ARAŞTIRMA

- Alüminyum plaket, masa tipi matkap tezgâhı ve bükme aparatları hakkında internetten ve okul kütüphanesindeki tesviye içerikli teknik kitaplardan yararlanarak araştırma yapınız.

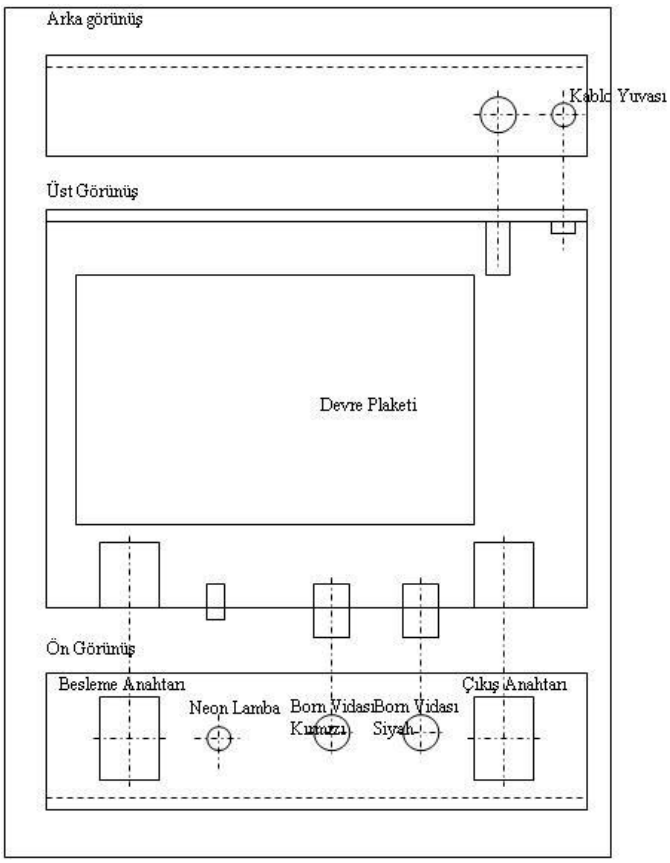
4. GÜÇ KAYNAĞI KASASININ YAPIMI

4.1. Güç Kaynağı Kasasının Planlanması

Oluşturulacak olan güç kaynağı için tasarlanan kasanın görünüm özellikleri Şekil 7.2' de gösterilmiştir. Şekil 7.1' de de kasa için taslak resmi görebilirsiniz.



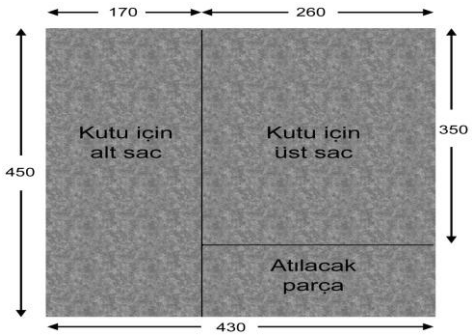
Şekil 4.1: Kasa için taslak resmi



Şekil 4.2: Güç kaynağı kasasının arkadan, üstten ve önden görünüşü

4.2. Alüminyum Kesme, Bükme ve Delme İşlemleri

Piyasada bulunan güç kaynağı kutuları sadece sac malzemeden yapılmamıştır. Plastik güç kaynağı kutuları da bulunmaktadır. Cep telefonu şarj cihazı ve dizüstü bilgisayarların güç kaynağı kutuları plastik kutulu güç kaynağına örnek olarak verilebilir. Plastik kutuların seri imalatları, verilen ebatlarda plastik fabrikalarda yapılmaktadır. Yapılacak iş parçasının üzerine şekilde verilen ölçü ve şekli aktarmaya **markalama** denir.



Şekil 4.3: Güç kaynağı şasesi için kesim ölçüleri

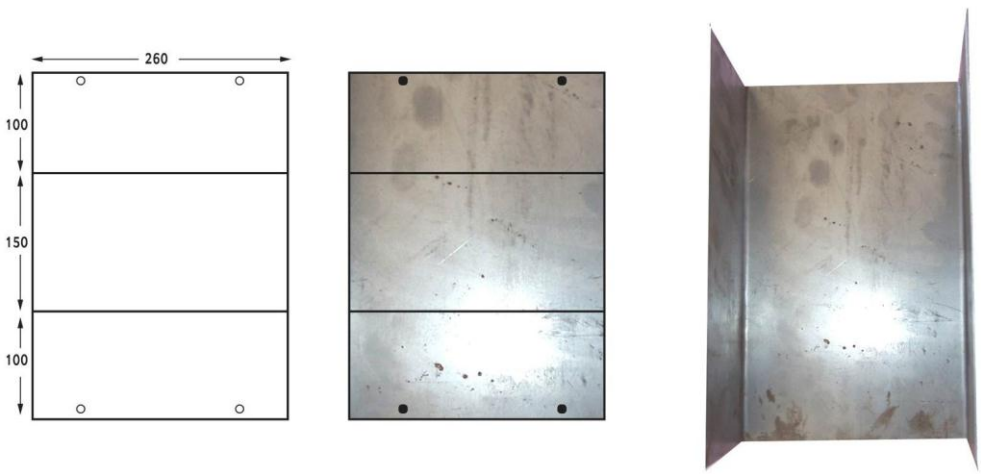
4.2.1. Alt Sacın Markalanması

Şekil 4.4: Güç kaynağı şasesinin markalanması

4.2.2. Şasenin Gerekli Yerlerinin Delinmesi, Kesilmesi ve Bükülmesi

Şekil 4.5: Alt sacın işlenmiş hâli

4.2.3. Kutu Üst Sacı İçin Taslak Şekil, Sacın Markalanması ve Bükülmesi



Şekil 4.6: Üst sacın işlenmiş hâli

4.3. Güç Kaynağı Kasası Yalıtımı ve Soğutma

4.3.1. Yalıtım

Güç kaynağında kullanılan elektronik devrenin herhangi bir elektrik kaçağına maruz kalıp devredeki elemanların zarar görmemesi için aşağıdaki tedbirlerin alınması gerekir:

- Plaket kutu şasesine monte edilirken şase ile plaket arasında dört köşeden plastik ayaklar kullanılır.
- Eğer plastik ayak yoksa plaket ile şase arasında presbant kullanılabilir.
- Kablolar birbirine eklenirken makaron kullanılır.

4.3.2. Termal Kaçak

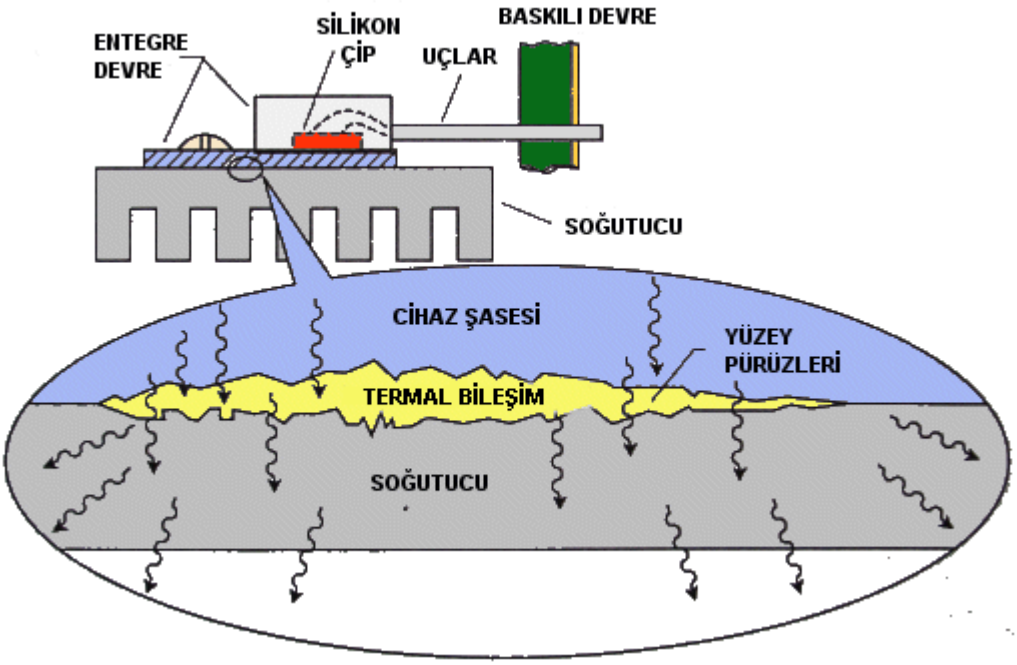
Aşırı yüksek ısılar, entegre devre regülatörlerinin çalışmasında ve diğer tümleşik devrelerde ciddi problemlere neden olur. Bir malzemenin dokümanlarında (data-sheet) belirtilen maksimum bağlantı ısısı aşılırsa malzeme genelde bozulur. Bağlantı ısısı, güç dağılımından dolayı artar. Bir seri-geçişli regülatörün ürettiği olması gereken güç dağılımı, kontrol elemanının uçlarındaki voltaj düşüşü (V_{IN} - V_{OUT}) ile içinden geçen akımın çarpılması ile hesaplanır. Bu güç ısıya çevrilir, bu da bağlantı ısısını artırır. Bu ısı ürettiğinden daha çabuk uzaklaştırılmazsa termal kaçak denilen bir durum oluşabilir. Isı, malzemenin daha fazla akım iletmesine neden olur ve daha fazla ısı doğar. Sonuçta malzeme tam olarak kendini imha eder. Tüm malzemenin limitleri aşılmadığı sürece malzeme, kendi güvenli çalışma alanında kalacaktır.

4.3.3. Termal İletim

Yarı iletkenlerin aralarındaki bağlantıları aşırı ısılardan korumak için ısının üretildiği yerden, silikon malzemelerden dışarıya iletmek için bir yol sağlanmalıdır. Isının yolculuk etmesi için gereken doğal yol; silikondan entegre devre paketi veya kutusu ve sonra havadır. Malzeme maksimum değerinin çok altında çalıştırılırsa bu genelde yeterli bir iletim yoludur ancak güç arttıkça ısının hızlı bir şekilde çıkartılması gerekir.

4.3.4. Soğutucu

Soğutucu, cihazdan ısıyı dışarıya iletmesi amacıyla kullanılan yarı iletken cihazlara veya entegre devre kutusuna bağlanan bir parça metaldir. Soğutucunun yüzey alanı arttıkça ısı, iletme ile veya havaya yayılmasıyla daha çabuk uzaklaştırılır. Şekil 4.7'de entegre devreden soğutucuya ısı akışı görülmektedir. Burada ısı iletkenliğinde bir metalin diğerlerine göre daha etkili bir termal iletken olduğu görülmektedir. Bu entegre devrenin çok ısınmasına nasıl engel olduğunu göstermektedir. Isı; silikon çipten entegre devre kutusuna, oradan da bacaklar, baskılı devre ve soğutucu ile havaya geçer.



Şekil 4.7: Entegre devreden soğutucuya ısı akışı

Entegre devre kutusundan soğutucuya ısı transferi verimini artırmak için sık sık aralarında bir temel iletken bileşim kullanılır. Malzemeyi soğutucudan elektriksel olarak izole etmek gerekli ise bir miktar mika izolatör kullanılır. Piyasada bu tip malzemeleri bulmak mümkündür.

Bazen soğutucunun iletme ve soğutması, güç cihazını maksimum bağlantı ısısının altında tutmak için yeterli değildir. Bu durumda soğumayı artırmak için soğutucudan havayı geçirmek için -bilgisayarların güç kaynaklarında da olduğu gibi- bir fan kullanılır. Her tasarımda, maksimum ısıların geçilmediğini garantiye almak için ısı ölçümleri yapılmalıdır.

4.4. Kablo Bağlantıları

Güç kaynağında kablo bağlantıları için kullanılacak kablo türü çok damarlı kablolardır. Yapılan bağlantı noktaları şunlardır:

- Transformatöre 220 V gerilim vermek için kullanılır.
- Eğer plastik ayak yoksa plaket ile şase arasında presbant kullanılabilir.
- Kablolar birbirine eklenirken makaron kullanılır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Güç kaynağı kasasını verilen ölçülere göre yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Ölçülerine göre güç kaynağının saclarını işaretleyiniz.	➢ Çalışma ortamını hazırlayınız. ➢ İş önlüğünüzü giyerek çalışma masanızı düzenleyiniz. ➢ İş güvenliği tedbirlerini alınız. ➢ Malzeme deposu sorumlusuna başvurunuz. ➢ Güç kaynağı kutusunun yapımında gerekli olan araç ve gereci malzeme deposu sorumlusundan alınız. ➢ Sac ile çalışırken sacın kenarları elinizi keseceğinden kesinlikle eldiven giyiniz. ➢ Sacın üzerini verilen ölçülendirmeye göre işaretleyiniz.
➢ Ölçülerine göre sacın kesilmesini yapınız.	➢ Sac kesim esnasında gerekli önlemleri alınız. ➢ Sacın kesilmesinde grup çalışması yapınız. ➢ Grup çalışmasında arkadaşınıza dikkat ediniz. ➢ İşaretli yerlerden elinizdeki sacı dikkatlice kesiniz. ➢ Kesilen sacın çapaklarını eğeyle temizleyiniz.
➢ Vida deliklerini markalama, açma ve bükme işlemlerini yapınız.	➢ Taslak çizimdeki vida deliklerinin ölçülerine dikkat ediniz. ➢ Vida deliklerinin, güç anahtarı, led, potansiyometre, çıkış (born vida), 220 V fiş deliklerinin markalanmasını ölçüsüne göre yapınız. ➢ Öğretmeninize kontrol ettirdikten sonra delik açma işlemine geçiniz. ➢ Matkapla çalışırken matkabın dönen kısımlarına dikkat ediniz, sacınızı delik açarken sıkı tutunuz. ➢ Delme işlemi bittikten sonra delik çapaklarını temizleyiniz. ➢ Sac bükme aletini kullanırken ellerinize dikkat ediniz. ➢ Alt sacın sıra ile yan, ön ve arka yüzlerini; üst sacın işaretli iki yerini bükünüz.
➢ Güç kaynağı kutusunu birleştiriniz.	➢ Alt ve üst kapağı birbirine geçirerek vidalayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet** ve **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Faaliyet için gerekli araştırmayı yapıp rapor hâline getirdiniz mi?		
2. Kutu için uygun sacı aldınız mı?		
3. Faaliyette kullanacağın araç-gereci eksiksiz temin edebildiniz mi?		
4. Gerekli tedbirleri aldınız mı?		
5. Ölçülendirmeyi yaptınız mı?		
6. Grup arkadaşlarınla beraber çalıştınız mı?		
7. Sacı kesip çapakları temizlediniz mi?		
8. Taslak çizimdeki ölçülendirmeyi ve markalamaları yaptınız mı?		
9. Delik açma işlemini gerçekleştirdiniz mi?		
10. Sacı işaretli yerlerinden büktünüz mü?		
11. Alt ve üst kapağı birleştirdiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise ‘Modül Değerlendirme’ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet** ve **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

	Değerlendirme Ölçütleri	**Evet**	**Hayır**
1	Kutu sacını ölçülerine göre kesebildiniz mi?		
2	Sacların markalanmasını düzgün yaptınız mı?		
3	Delikleri ölçülerine göre açtınız mı?		
4	Sacları işaretli yerlerden büktünüz mü?		
5	Kutuyu birleştirdiniz mi?		
6	Güç kaynağı devresini çizdiniz mi?		
7	Devrenin alt ve üst görünüşünü çıkardınız mı?		
8	Alt görünüşü plakete aktardınız mı?		
9	Baskı devreni asit çözeltisinden çıkardınız mı?		
10	Eleman bacaklarının yerleştirilecek yerlerini işaretlediniz mi?		
11	Eleman bacakların yerleştirilecek yerlerini deldiniz mi?		
12	Elemanların sağlamlık kontrolünü yaptınız mı?		
13	Elemanların doğru yerlere takılmasını yaptınız mı?		
14	Elemanların lehimlenmesini yaptınız mı?		
15	Trafoyu kutu içine yerleştirdiniz mi?		
16	Baskı devre plaketini kutu içine yerleştirdiniz mi?		
17	Diğer aparatların kutu üzerine yerleştirilmesini yaptınız mı?		
18	Trafo, plaket ve diğer aparat bağlantılarını yaptınız mı?		
19	Çıkış ile yük arasındaki bağlantı kablolarını yaptınız mı?		
20	Yalıtkanlık testini yaptınız mı?		
21	Trafonun giriş-çıkış gerilimlerini ölçtünüz mü?		
22	Plaket üzerindeki elemanlara düşen gerilimleri ölçtünüz mü?		
23	Çıkış gerilimlerini ölçtünüz mü?		
24	Güç kaynağına uygun yükü bağlayarak akımı ölçtünüz mü?		
25	Uygulamayı sorunsuz ve verilen sürede yaptınız mı?		

KAYNAKÇA

- ASLAN Muzaffer, Ersan SÜLÜN, **Herkes İçin Elektronik,** Kanyılmaz Matbaası, İzmir 2003.
- CANDAN Naci, Ahmet DİNLER, **Atelye ve Laboratuvar II,** Elif Ofset, İstanbul 1995.
- ISHIDA Yasuhiro, Selim GÜLÇEN, Turgay İŞBİLEN, Osman KÖSE, **Temel Endüstri Uygulamaları,** M.E.B, JICA 2005.
- http://www.silisyum.net/htm/guc_kaynaklari/guc_kaynaklari.htm